



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE BIOLOGIA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
AREA TEMÁTICA: ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN

---

# Reconstrucción paleoambiental del yacimiento La Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México

## Tesis

PRESENTA

**Biól. Joaquín Eng Ponce**

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Tutor:

**Dr. Javier Ponce Saavedra**

Co-Tutor:

**Dra. María Luisa García Zepeda**



Morelia, Michoacán. Agosto del 2021.



## **Dedicatoria**

Este trabajo va dedicado a aquellos que sin su apoyo no hubiera sido posible la existencia de este

A tí madre, gracias por la compañía en mis peores momentos y todas las palabras alentadoras que no me permitieron rendirme, hubo muchos momentos en que quería tirar la toalla y no me lo permitiste, gracias.

A tí padre, gracias por todo, este trabajo representa lo que siempre quise hacer, siempre voy a estar agradecido que me permitieras estudiar lo que me gusta.

A las personas que son especiales en mi vida, gracias por estar presentes, este trabajo también es de ustedes, cada uno puso un granito de arena que me permitió seguir adelante.

De corazón, siempre estaré agradecido.

## **Agradecimientos**

Al **Dr. Javier Ponce Saavedra**, por toda la paciencia, conocimiento y guía en este proyecto.

A la **Dra. Ma. Luisa García Zepeda**, por todo su apoyo tanto en lo académico como en lo personal.

Al **Dr. Roberto Díaz Sibaja**, por toda la información brindada para la reconstrucción de los organismos extintos y para el desarrollo de este trabajo.

Al **Dr. Joaquín Arroyo Cabrales**, por abrirme las puertas del INAH CDMX para la identificación de material fósil.

Al **Dr. Eduardo Mendoza**, por sus comentarios y apoyo en este proyecto.

A mis **compañeros** del Laboratorio de Paleontología, compañeros del posgrado y amistades cercanas que me apoyaron de mil y un maneras en los momentos difíciles que se vivieron en esos dos años de pandemia.

Al **PIMCB** que me permitió llevar a cabo mis estudios de posgrado.

A **CONACyT** por su apoyo económico que me permitió llevar a cabo este proyecto que de otra forma no se hubiera podido hacer.

**Muchas gracias!**

# ÍNDICE.

<b>1. INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	<b>7</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
<b>3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
4.1. <i>Objetivo General</i> .....	14
4.2. <i>Objetivos Particulares</i> .....	14
<b>5. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>15</b>
5.1. UBICACIÓN .....	15
5.2. GEOMORFOLOGÍA .....	16
5.3. GEOLOGÍA .....	16
5.4. ESTRATIGRAFÍA .....	17
<b>CAPÍTULO I. COMPOSICIÓN DE LA MASTOFAUNA DEL YACIMIENTO LA CINTA-PORTALITOS, MICHOACÁN-GUANAJUATO.</b> .....	<b>19</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>22</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
ÁREA DE ESTUDIO .....	24
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL YACIMIENTO LC-PT Y DE MATERIAL DE LA COLECCIÓN PALEONTOLÓGICA.....	27
<i>Estimación de masas corporales</i> .....	27
Orden Perissodactyla (Familia Equidae) .....	27
Orden Cetartiodactyla .....	29
Orden Proboscidea .....	31
Orden Rodentia y Lagomorpha .....	32
<i>Cenograma</i> .....	33
RESULTADOS.....	35
<i>Listado Mastofaunístico</i> .....	35
<i>Masas Corporales</i> .....	41
Superorden Xenarthra (Orden Pilosa y Cingulata). .....	41
Orden Carnivora .....	42
Orden Proboscidea .....	44
Orden Perissodactyla.....	46
Orden Cetartiodactyla .....	49
Orden Rodentia y Eulipotyphla .....	51
Orden Lagomorpha.....	54
<i>Cenogramas</i> .....	55
Cenograma de LC-PT, Michoacán-Guanajuato.....	55
Cenograma de la cuenca de Cuitzeo.....	57
Cenogramas de ambientes abiertos y cerrados .....	59
Cenogramas de localidades del Pleistoceno tardío de América del Norte. ....	61
DISCUSIÓN .....	63
<i>Nuevos registros para el yacimiento LC-PT.</i> .....	63
<i>Interpretación del cenograma de LC-PT: comparación con ambientes actuales y fósiles</i> .....	64
CONCLUSIONES.....	71

BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	72
<b>CAPÍTULO 2. INFERENCIAS PALEOCLIMÁTICAS Y DE VEGETACIÓN DEL YACIMIENTO LA CINTA-PORTALITOS, MICHOACÁN-GUANAJUATO. ....</b>	<b>78</b>
INTRODUCCIÓN.....	81
MATERIAL Y MÉTODOS .....	83
<i>Área de estudio</i> .....	83
<i>Modelo Bioclimático cualitativo y cuantitativo</i> .....	84
<i>Análisis de Diversidad Ecológica</i> .....	92
RESULTADOS.....	95
<i>Espectro Bioclimático</i> .....	95
<i>Modelo Bioclimático Cualitativo</i> .....	97
<i>Toda la fauna exceptuando quirópteros</i> .....	98
<i>Sólo roedores</i> .....	99
<i>Mamíferos Grandes (&gt;1 kg)</i> .....	100
<i>Modelo Bioclimático Cuantitativo</i> .....	101
<i>Análisis de Diversidad Ecológica</i> .....	102
<i>Categoría Taxonómica</i> .....	104
<i>Categoría Trófica</i> .....	105
<i>Categoría Locomotora</i> .....	106
<i>Categoría Masa Corporal</i> .....	107
<i>Análisis discriminante: Cat. Taxonómica y Masa Corporal</i> .....	108
<i>Escalamiento Multidimensional no Métrico: Cat. Taxonómica y Masa Corporal</i> .....	109
DISCUSIÓN .....	110
<i>Modelo Bioclimático Cualitativo Cuantitativo</i> .....	110
<i>Análisis de diversidad ecológica y escalamiento multidimensional no métrico</i> .....	111
<i>Registro Palinológico vs Zona Climática/zonobioma clasificada</i> .....	113
CONCLUSIONES.....	115
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	117
<b>CAPÍTULO 3. PALEOILUSTRACIÓN DEL YACIMIENTO LA CINTA PORTALITOS-MICHOACÁN GUANAJUATO. ....</b>	<b>122</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>123</b>
INTRODUCCIÓN.....	125
MÉTODOS.....	127
<i>Mastofauna de LC-PT</i> .....	127
<i>Vegetación de LC-PT</i> .....	128
<i>Paleoambiente de LC-PT</i> .....	129
RESULTADOS.....	131
<i>Ilustraciones de la Megafauna</i> .....	131
Superorden Xenarthra.....	131
Orden Carnivora.....	133
Orden Proboscidea.....	134
Orden Perissodactyla (Familia Equidae).....	135
Orden Cetartiodactyla.....	136
Órdenes Rodentia y Lagomorpha.....	138
<i>Ilustraciones del Paleoambiente de La Cinta-Portalitos, Michoacan-Guanajuato</i> .....	139
Zona 1. Paleolago y vegetación de galería.....	139
Zona 2 y 3. Zona abierta, pastizal y vegetación arbustiva.....	141
Zona 4. Vegetación cerrada, bosque templado.....	145

DISCUSIÓN .....	147
<i>Reconstrucción de los Taxones Extintos de LC-PT.</i> .....	147
Ilustración del paleoambiente. ....	152
CONCLUSIONES.....	157
BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	158
<b>DISCUSIÓN GENERAL .....</b>	<b>164</b>
COMPOSICIÓN DE LA MASTOFAUNA DE LC-PT.....	164
INFERENCIAS PALEOAMBIENTALES Y PALEOCLIMÁTICAS DE LC-PT .....	165
<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>168</b>
<b>LITERATURA GENERAL .....</b>	<b>170</b>
ANEXO 1.....	186
<i>Masas Corporales</i> .....	186
ANEXO 2.....	195
<i>Modelo Bioclimático Cualitativo</i> .....	195
<i>Diversidad Ecológica</i> .....	204

## Resumen general

En esta investigación se estudiaron los atributos cualitativos y cuantitativos de la mastofauna reportada para La Cinta-Portalitos (LC-PT), Michoacán-Guanajuato con el fin de llevar a cabo una reconstrucción paleoambiental y hacer una reconstrucción ilustrada de este.

La Cinta-Portalitos se encuentra al norte del lago de Cuitzeo entre los estados de Michoacán y Guanajuato. El material fósil corresponde a la NALMA Rancholabreano y se reportan 9 órdenes, 11 subórdenes, 25 familias, 42 géneros y 53 especies de mamíferos terrestres. El estudio de las masas corporales infiere que la vegetación presentaba una heterogeneidad entre dosel abierto y cerrado, pero un mayor componente del primero. También se infiere un clima templado y húmedo, lo cual es corroborado con estudios previos del yacimiento. Al comparar la mastofauna actual con la extinta se observa un gran recambio en las tallas, siendo las tallas pequeñas (5 g-10 kg) predominantes en la actual cuenca de Cuitzeo y una dominancia por taxones grandes durante el Pleistoceno tardío (100 kg-8 toneladas).

Por medio del análisis multivariado de clasificación y ordenamiento de los atributos intrínsecos de la mastofauna además de la caracterización de sus rangos geográficos en un espectro bioclimático permitieron inferir que LC-PT pertenece a una zona climática tropical con lluvias en verano. Relacionando la información obtenida del cenograma y la revisión del registro polínico, se entiende que el régimen de precipitación está ligado a una zona climática clasificada, aunque la vegetación presente durante el Pleistoceno tardío corresponde a un clima y vegetación templada como la mayoría de las localidades presentes en el Cinturón Volcánico Transmexicano.

La sobre-representación de los taxones megabáricos más las limitantes del modelo bioclimático hacen complicada su comparación con localidades actuales del viejo como del nuevo mundo y las variables climáticas inferidas del modelo bioclimático cuantitativo no son consistentes con lo previamente obtenido por otras

investigaciones, pero el modelo bioclimático cualitativo si brinda información sobre la estructura vegetal y la humedad ambiental.

Las ilustraciones científicas de la fauna y su paleoambiente se hicieron con el fin de utilizarlas para la divulgación científica. Estos materiales son amenos con el público general y permiten dar a conocer los aspectos geberaes de la vegetación, paleoclima y grupos taxonómicos que habitaron el norte del lago de Cuitzeo durante el Pleistoceno tardío.

**Palabras Clave:** Mastofauna, estadística multivariada, masas corporales, paleoambiente, Pleistoceno.

## General Abstract

In this research, the qualitative and quantitative attributes of the mammal fauna reported for La Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato were studied in order to do palaeoenvironmental inferences and to make an illustrated reconstruction of it.

La Cinta-Portalitos is located north of Cuitzeo lake between the states of Michoacán and Guanajuato. The fossil material corresponds to the Rancholabrean NALMA and are reported 9 orders, 11 suborders, 25 families, 42 genera and 53 species of terrestrial mammals. The study of the body masses infers that the vegetation in LC-PT presented a heterogeneity between open and closed canopy, but a greater component of the former. A temperate and mesic climate is also inferred, which is corroborated with previous studies of stable isotopes and pollen record. When comparing the current mastofauna of the Cuitzeo basin with the extinct one, a great change in body sizes is observed, with small sizes (<500 g) being predominant in the current and a dominance by large taxa during the late Pleistocene (>8 Kg).

By means of the multivariate analysis of classification and ordination analysis of the intrinsic attributes of the mammal fauna in addition to the characterization of their geographic ranges in a bioclimatic spectrum allow us to know that LC-PT belongs to a tropical climatic zone with rains in summer, although by relating the information obtained from the cenogram and the review of the pollen record, it is understood that the precipitation regime is linked to the classified climatic zone, although the vegetation present during the late Pleistocene corresponds to a temperate climate like most of the localities present in the Transmexican Volcanic Belt.

The over-representation of megabaric taxa plus the limitations of the bioclimatic model makes their comparison with current localities of both the old and new world difficult and the climatic variables obtained from the quantitative bioclimatic model not correspond to what was previously obtained by other studies, but the qualitative bioclimatic model does provide information on the plant structure and environmental humidity.

The scientific illustrations of the fauna and its palaeoenvironment were made in order to use them for scientific divulgation. These materials are entertaining to the general public and allows to know the general aspects of vegetation, paleoclimate and of the taxonomic groups that inhabited the north of Lake Cuitzeo during the late Pleistocene.

**Keywords:** Mammal fauna, multivariate stadistics, body mass, paleoenviroment, Pleistocene.

## 1. Introducción General

El registro fósil de México comprende desde el Precámbrico (560 Ma) al Holoceno temprano (McMenamin y Awramik, 1983; Arroyo-Cabrales *et al.*, 2008). En el país, el periodo con la mejor representación es el Cuaternario y la época con la mayor cantidad de localidades fosilíferas es el Pleistoceno tardío con más de 770 (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2008, Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 2010, Bravo-Cuevas y Jiménez-Hidalgo, 2018). El Pleistoceno abarca desde 2.58 Ma a 11.7 Ka (Cohen *et al.*, 2013) e incluye tres Edades de Mamíferos Terrestres Norteamericanos (NALMAS): La última parte del Blancano, el Irvingtoniano y el Rancholabreano (Kürten y Anderson, 1980; Bell *et al.*, 2004). El Rancholabreano va desde 160 a 9.5 Ka, y se caracteriza por la presencia del género índice *Bison* (Bell *et al.*, 2004).

Durante el Pleistoceno ocurrieron varios eventos como el acomodo de las masas continentales a sus posiciones en el presente, fluctuaciones climáticas de periodos fríos (glacial) y cálidos (interglaciares), la presencia de faunas compuestas por mamíferos de talla grande (megafauna) y la dispersión del hombre moderno (Lange, 2002; Prothero, 2006). La información sobre el clima de México durante esta época proviene de diferentes fuentes que incluyen palinofloras, paleosuelos, núcleos de lago, isotopos estables y ensamblajes faunísticos (Mecalfé, 2006; Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 2010). El clima en el Pleistoceno tardío en general era estacional, frío y húmedo, en cambio, en el Holoceno el clima se volvió más cálido y seco (Mecalfé, 2006; Mecalfé *et al.*, 2000, 2016). En el Rancholabreano, tuvieron lugar cambios climáticos que afectaron la composición y estructura biótica de Norteamérica (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2002; Ceballos *et al.*, 2010) como lo fueron el Último Máximo Glacial y el Younger Dryas (Haynes, 2008; Clark *et al.*, 2009). Estos eventos son responsables del establecimiento de las características de las biotas modernas de México (Ceballos *et al.*, 2010).

Durante el Último Máximo Glacial (UGM) ( $\approx 20$  Ka) la vegetación tropical arbustiva espinosa y el matorral arbolado estaban presentes en casi todo el país, mientras que los semi-desiertos tropicales se presentaban en la Península de Baja California, la Planicie Costera del Golfo y la Península de Yucatán (Ray y Adams,

2001). Los estudios en los que se han analizado isotopos estables de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) y oxígeno ( $\delta^{18}\text{O}$ ) del esmalte de dientes de mamíferos, indican que las comunidades vegetales durante el Pleistoceno tardío en México eran hábitats heterogéneos compuestos por bosques y praderas (Nunez *et al.*, 2010; Pérez-Crespo *et al.*, 2012, 2015; Bravo-Cuevas *et al.*, 2017). Estos hábitats se asociaron con una alta diversidad y riqueza de mamíferos durante el Pleistoceno mexicano, ya que el registro mastofaunístico terrestre correspondiente incluye 13 órdenes, 44 familias, 147 géneros y 280 especies donde la mayoría procede de la NALMA (North American Land Mammal Ages) Rancholabreano (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 2010). Sin embargo, para finales de este se extinguió un orden, 6 familias, 29 géneros y 77 especies (Arroyo-Cabrales *et al.*, 2008).

El yacimiento del Rancholabreano La Cinta-Portalitos (LC-PT), Michoacán-Guanajuato, cuenta con un ensamblaje mastofaunístico diverso que incluye 9 órdenes, 20 familias, 26 géneros y 44 especies formalmente identificados (García-Zepeda, 2006; Pérez-González y Godínez-García, 2007; Marín-Leyva, 2008, 2011, 2015; Plata-Ramírez, 2012; Díaz-Sibaja, 2013, 2018; Alberdi *et al.*, 2014; Gutiérrez-Bedolla, 2014; Cervantes-Barriga, 2015, 2018; Eng-Ponce *et al.*, 2017a; Eng-Ponce, 2018 y Fernández-Duarte, 2019). De este sitio y su fauna se han llevado a cabo estudios de dieta e inferencias paleoambientales con los taxones más abundantes utilizando datos de isotopos estables de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$  en las familias Bovidae, Camelidae, Caviidae, Equidae y Elephantidae (Gutiérrez-Bedolla *et al.*, 2016; Marín-Leyva *et al.*, 2016; Eng-Ponce *et al.*, 2017b; Díaz-Sibaja, 2018; Delgado-García, 2020; ), mesodesgaste en la familia Equidae y Bovidae (Marín-Leyva *et al.*, 2015; Díaz-Sibaja *et al.*, 2018) y microdesgaste dental en las familias Antilocapridae, Bovidae, Camelidae, Cervidae, Caviidae, Cricetidae, Equidae, Elephantidae, Mylodontidae y Nothrotheriidae (Gutiérrez-Bedolla *et al.*, 2015; Marín-Leyva *et al.*, 2015; Cervantes-Barriga, 2018; Díaz-Sibaja, 2018; Eng-Ponce, 2018; Delgado-García, 2020). Con esta información se ha inferido que en este sitio existía un ambiente templado heterogéneo, mésico compuesto por praderas no dominadas por poaceas con manchones de bosque y arbustos (Díaz-Sibaja, 2018).

Hasta la fecha, las inferencias paleoambientales del yacimiento LC-PT se han hecho únicamente con base en el análisis independiente de la ecología de los taxones (paleoautoecología) focales, por lo que no hay un trabajo que analice el ensamblaje completo de la mastofauna y para hacer la inferencia paleoambiental. Las comunidades faunísticas no son una unión fortuita de especies, sino que están determinadas por características ambientales del medio por lo que el estudio de la comunidad de mamíferos extintos permite inferir características climáticas y de la vegetación del pasado (Hernández-Fernández, 2001).

Los análisis paleoecológicos “taxon free” son aquellos que no requieren la identificación taxonómica, aunque sí requieren del conocimiento básico de los grupos animales focales (Andrews y Hixson, 2014). Estos, se enfocan en el estudio de las variables ecológicas o morfológicas de la fauna relacionadas con su dieta, preferencia de hábitat, comportamiento locomotor o masa corporal (Faith y Lyman, 2019). Gracias al estudio previo de los grupos presentes en el yacimiento LC-PT estas variables son de fácil acceso y obtención, lo cual permite realizar estudios de la fauna completa que brinden nueva información sobre la estructura vegetal, tipo de vegetación y paleoclima con el fin de contribuir a la reconstrucción paleoambiental.

## 2. Marco Teórico

En el presente trabajo se emplea análisis paleoecológicos “taxon-free” (cenogramas, análisis de diversidad ecológica y el modelo bioclimático), estos utilizan los atributos cuantitativos y cualitativos de la comunidad mastofaunística para inferir la estructura vegetal, zonobioma (tipo de vegetación) y variables climáticas para reconstruir el paleoambiente de LC-PT. Además se hace uso de esta información para llevar a cabo una reconstrucción ilustrada del yacimiento y su fauna.

Los cenogramas son representaciones gráficas de la variación en el tamaño (masa) de los mamíferos dentro de una fauna ecológicamente cohesiva (Palombo y Giovinazzo, 2004). Son gráficos que utilizan el logaritmo (base 10 o natural) de la masa corporal de cada taxón (eje Y) en una comunidad o fauna local, con taxones clasificados a lo largo del eje x en orden descendente de la masa corporal (Faith y Lyman, 2019). Originalmente fueron desarrollados por Valverde (1964, 1967) para visualizar relaciones de depredador-presa a través de gradientes de tamaño corporal en faunas modernas de mamíferos. Posteriormente, Legendre (1986) los adaptó para explorar cómo es que el tamaño corporal difiere entre comunidades de mamíferos modernos de diferentes ambientes.

Este método utiliza la comparación visual de las pendientes generadas en el gráfico con las de otros cenogramas de ambientes actuales para interpretar características de la estructura vegetal (abierto o cerrado), temperatura (cálido o frío) y humedad (mésico o árido). Su análisis cuantitativo ha sido criticado (Rodríguez, 1999), pero su uso sigue siendo popular (e. g. Lyman, 2013; Travouillon *et al.*, 2009; Travouillon y Legendre, 2009; Defeur y Desclaux, 2019), ya que los cenogramas capturan aspectos de la estructura de la comunidad que están relacionados con el ambiente como la apertura de la vegetación y aspectos climáticos (Faith y Lyman, 2019).

El análisis de diversidad ecológica es un método “taxon-free” que caracteriza a un ensamblaje faunístico en las categorías de masa corporal, hábitos alimenticios adaptaciones locomotoras y categoría taxonómica (Fleming, 1973; Andrews *et al.*,

1979; Faith y Lyman, 2019). Este método se utiliza para comparar comunidades de mamíferos fósiles directamente con comunidades actuales incluso aunque la composición de especies de la comunidad fósil sea completamente diferente (Andrews *et al.*, 1979). Estas categorías de diversidad ecológica se pueden utilizar técnicas de estadística multivariada como el análisis discriminante canónico para clasificar a una zona climática/zonobioma (Hernández-Fernández *et al.*, 2006) y llevar a cabo inferencias paleoclimáticas y de vegetación. El análisis discriminante es una técnica multivariada que permite la identificación de diferencias o similitudes entre grupos a partir de las características de las variables de los grupos de objetos de estudio (Afifi y Clark, 1996).

Para conocer cuales variables de estas categorías del análisis de diversidad ecológica son las que definen este yacimiento se puede utilizar un método de ordenación multivariado conocido como escalamiento multidimensional no-métrico. Esta técnica multivariante de interdependencia trata de representar un espacio geométrico de pocas dimensiones entre un grupo de objetos (Guerrero-Casas y Ramírez-Hurtado, 2012). Este método fue propuesto para su uso en el campo de la psicología a principios del siglo XX, hasta hoy en día ha sido poco utilizada en otras áreas del conocimiento (Sheppard, 1962; Kruskal, 1964; Guerrero-Casas y Ramírez-Hurtado, 2012).

Otro método de inferencia paleoambiental es el modelo bioclimático propuesto por Hernández-Fernández (2001). Este análisis es una variante del Índice Taxonómico de Hábitat (Evans *et al.*, 1981) que en lugar de clasificar a la fauna en tipos de hábitat preferidos por los taxones en un ensamblaje faunístico (e. g. bosque, sabana, arbustos, pradera, semi-árido) las clasifica acorde a una de las 10 zonas climáticas/tipo de vegetación basándose en la clasificación biomas de Walter (1984). Para cada taxón de un ensamblaje faunístico se calcula el Índice de Restricción Climática (**CRI**), la sumatoria de estos índices por cada zona climática se denomina Componente Bioclimático (**BC**) y el conjunto de estos conforma el *espectro bioclimático* (Hernández-Fernández, 2001). Este método emplea análisis multivariados (análisis de funciones discriminantes) para predecir la zona

climática/zonobioma a la que una comunidad fósil pertenece (Hernández-Fernández, 2001).

El modelo ha sido validado por sus autores utilizando el espectro bioclimático de faunas actuales y ha clasificado con precisión (90-98%) la zona climática/zonobioma a la que pertenecen (Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2003). Se ha comprobado que el modelo bioclimático es funcional aún cuando no se cuente con la fauna completa de un ensamblaje fósil, siempre y cuando la pérdida de especies no sea excesivamente elevada (Gómez-Cano *et al.*, 2006), por lo que es una herramienta eficiente para el estudio de ambientes continentales del pasado (Hernández-Fernández, 2001, 2006a; Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2003).

Para obtener información paleoclimática cuantitativa, Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes (2005) desarrollaron un método llamado “modelo bioclimático cuantitativo”. Éste hace uso del espectro bioclimático de la comunidad mastofaunística (Hernández-Fernández, 2001) para obtener ecuaciones de predicción para cada una de las variables climáticas a obtener (*e.g.* temperatura media anual, precipitación anual, duración del invierno, entre otras). Este método permite mayor precisión en las inferencias obtenidas del modelo Bioclimático y permite conocer las condiciones climáticas que registraron los ambientes donde habitó la comunidad fósil (Hernández Fernández y Peláez-Campomanes, 2005).

La finalidad de llevar a cabo estos análisis es utilizar todo lo previamente reportado del yacimiento LC-PT para reconstruir el paleoambiente y con estos datos hacer una reconstrucción ilustrada. La mayoría de los trabajos sobre este yacimiento se enfocan en utilizar solo un grupo taxonómico para hacer inferencias paleoambientales, los métodos mencionados (cenogramas, modelo bioclimático cualitativo/cuantitativo y diversidad ecológica) utilizan la mastofauna completa por lo que pueden brindar nueva información paleoclimática y de estructura vegetal, además estos métodos utilizan la estructura y las propiedades de la mastofauna los cuales son sencillos de obtener. Por último, la elaboración de una ilustración

paleontológica del yacimiento se justifica como un elemento para hacer divulgación científica de las características de este importante yacimiento.

### **3. Pregunta de investigación**

¿Cuáles fueron los atributos paleoambientales cualitativos y cuantitativos de La Cinta-Portalitos durante el Pleistoceno tardío según la estructura y propiedades de su comunidad mastofaunística?

### **4. Objetivos**

#### **4.1. Objetivo General**

Llevar a cabo una reconstrucción paleoambiental del yacimiento del Pleistoceno tardío de La Cinta-Portalitos (LC-PT) a partir del estudio de su comunidad mastofaunística.

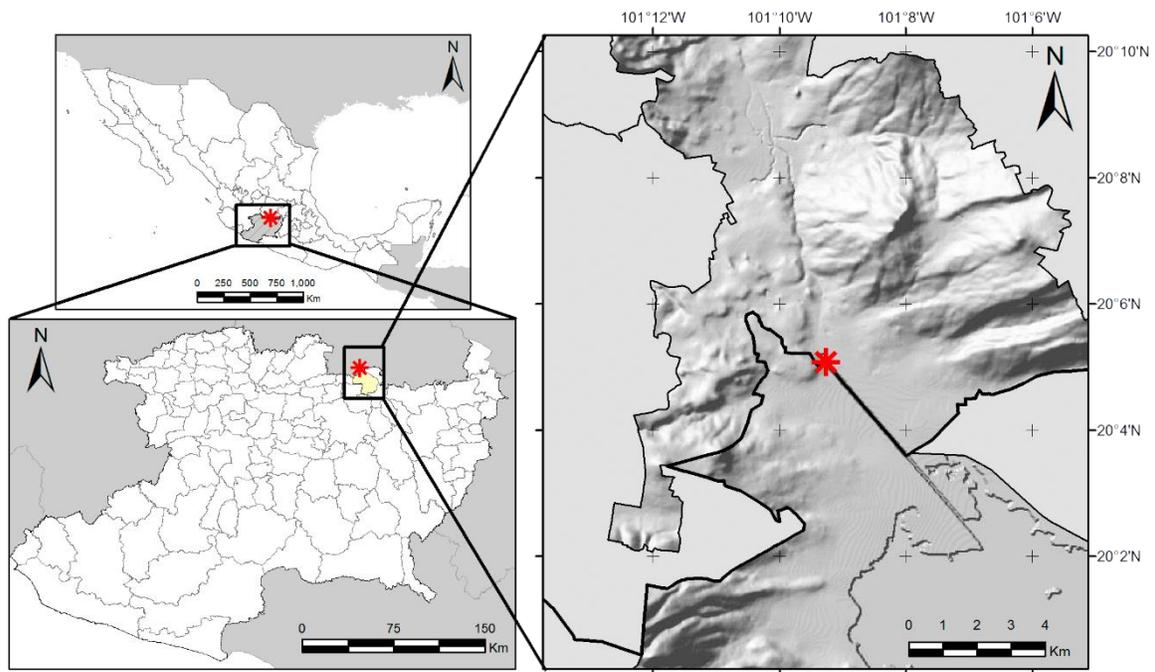
#### **4.2. Objetivos Particulares**

- Elaborar el listado taxonómico de la mastofauna pleistocénica de La Cinta-Portalitos (LCPT) y obtener sus masas corporales.
- Inferir la zona bioclimática y el zonobioma al que perteneció LC-PT durante el Pleistoceno tardío.
- Obtener los parámetros climáticos que tuvo LC-PT durante el Pleistoceno tardío.
- Con base en la información obtenida en los puntos anteriores llevar a cabo una reconstrucción artística del paleoambiente de LC-PT durante el Pleistoceno tardío.

## 5. Área de Estudio

### 5.1. Ubicación

La Cinta-Portalitos (**Figura 1**) se encuentra ubicada dentro de la cuenca de Cuitzeo entre los estados de Michoacán y Guanajuato en las coordenadas  $20^{\circ} 05' 09''\text{N}$  y  $101^{\circ} 09' 31''\text{W}$ . La localidad presenta elevaciones entre 1750 y 2350 m s.n.m. (García-Zepeda, 2006; Marín-Leyva, 2011, Díaz-Sibaja, 2018).



**Figura 1. Ubicación y relieve del yacimiento fosilífero La Cinta-Portalitos (LC-TP), Michoacán-Guanajuato.**

## 5.2. Geomorfología

El yacimiento LC-TP se encuentra ubicado en el campo Volcánico Michoacán-Guanajuato, que pertenece al Cinturón Volcánico Transmexicano (Ferrari, 2000), con elevaciones que van de 1750 a 2350 m s.n.m. Al sur de este yacimiento se ubica el lago de Cuitzeo, que se compone de un semi graben con inclinación hacia el sur. En su porción norte se ubican edificios volcánicos en escudo y semi escudo, al noreste los edificios volcánicos se presentan en escudo con un amplio fallamiento de tipo normal en sentido noroeste-sureste. Hacia el noroeste se presenta la depresión de Yuriria y al noreste, volcanes tipo maars y conos cineríticos (Montiel-Escobar *et al.*, 1998; Pérez-Flores *et al.*, 1999; Marín-Leyva, 2011; Díaz-Sibaja, 2013, 2018).

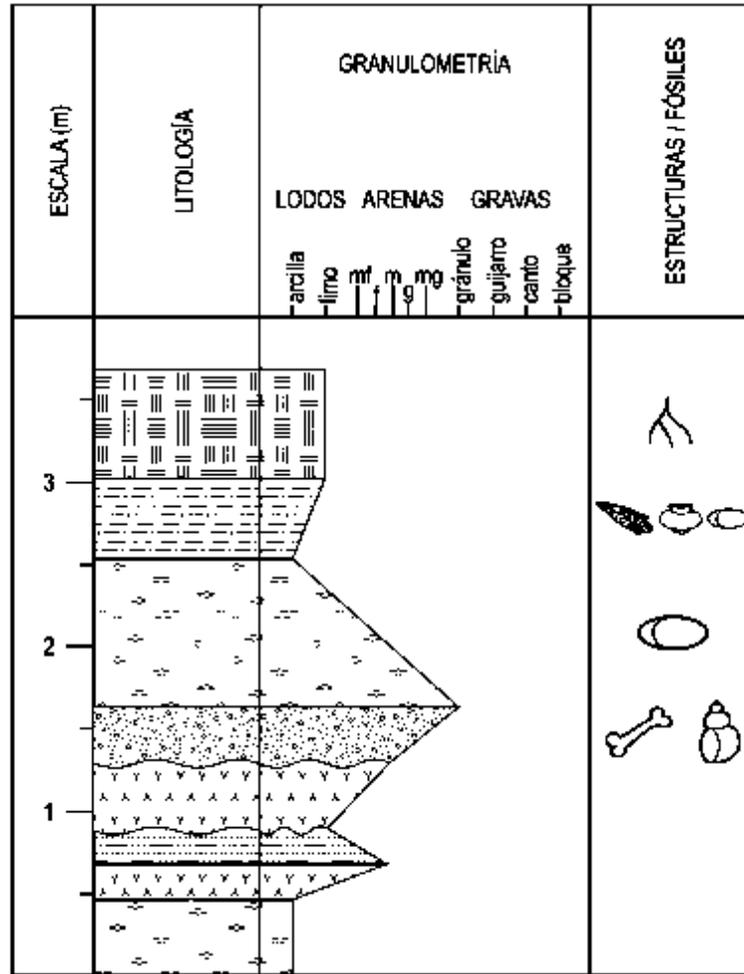
## 5.3. Geología

La geología del yacimiento se compone de un basamento altamente fracturado de roca andesítica del Mioceno (13-8 Ma). Sobre el basamento se encuentra una secuencia sedimentaria lacustre interestratificada con depósitos epiclásticos, piroclásticos y depósitos fluviales compuestos de grava, arena y conglomerado (Israde-Alcantara, 1997). Las zonas bajas que componen el lecho del lago y antiguos afluentes se caracterizan por presentar zonas con aluvión cuaternario, hacia la zona sur afloran igninbritas, riolitas, andesitas y basaltos del Mioceno, al este y oeste se pueden encontrar derrames de andesita y basalto que corresponden a vulcanismo del Pleistoceno y al norte existen afloramientos de andesitas y basaltos Miocénicos (Israde-Alcántara, 1997; Montiel-Escobar *et al.*, 1998; Pérez-Flores *et al.*, 1999; Díaz-Sibaja, 2018).

## 5.4. Estratigrafía

La estratigrafía del yacimiento LC-PT (**Figura 2**) se describe a continuación la columna tipo desde la base hasta la cima, con una profundidad de 368 cm (Díaz-Sibaja, 2018).

1. 47 cm de diatomita de color café claro con un contacto superior neto.
2. 23 cm de toba basáltica de color oscuro con un contacto superior transicional.
3. 21 cm de arena limosa de color café amarillento con un contacto superior erosionado.
4. 41 cm de toba basáltica de color oscuro con un contacto superior erosionado.
5. 31 cm de paraconglomerado polimíctico con clastos de riolita, basalto, pumita, cuarzo y feldespatos, con una matriz arenosa de color café amarillento, con presencia de restos fósiles de gasterópodos (principalmente de la familia Polygyridae) y de vertebrados acuáticos y terrestres.
6. 90 cm de diatomita de color café claro, con presencia de concreciones de carbonato de calcio, con un contacto superior transicional.
7. 49 cm de arcilla limosa de color café oscuro rojizo, con presencia de nódulos de oxidación amarillentos y restos arqueológicos que incluyen abundante obsidiana trabajada y cerámica.
8. 66 cm de limos (suelo residual) de color café oscuro a negro, producto de pedogénesis in situ, poco diferenciado hacia la base, con presencia de raíces y materia orgánica.



**SIMBOLOGÍA**



Suelo



Arcilla limosa



Conglomerado



Arena limosa



Toba



Diatomita



Raíces



Obsidiana



Cerámica



Vertebrados



Gasterópodos



Concreciones / nódulos

Figura 2. Estratigrafía del yacimiento de LC-PT, Michoacán-Guanajuato, tomado de Díaz-Sibaja, 2018.

## **Capítulo I. Composición de la mastofauna del yacimiento la Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato.**

Joaquín Eng-Ponce<sup>1\*</sup>, María Luisa García-Zepeda<sup>1</sup>, Roberto Díaz-Sibaja<sup>1</sup>, Joaquín Arroyo-Cabrales<sup>2</sup>, Eduardo Mendoza-Ramírez<sup>3</sup>, Javier Ponce-Saavedra<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Laboratorio de Paleontología. Edif. R, 2°. Piso. Ciudad Universitaria. C. P.58060, Morelia, Michoacán. \*1027308f@umich.mx

<sup>2</sup> Laboratorio de Arqueozoología, M. en C. Ticul Álvarez Solórzano, Instituto Nacional de Antropología e Historia, C.P. 06060. México, CDMX. aromatu@hotmail.com

<sup>3</sup> Laboratorio de Análisis para la Conservación de la Biodiversidad, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ave. San Juanito Itzícuaró s/n, Col. Nueva Esperanza. C.P. 58330, Morelia, Michoacán. eduardo.mendoza@umich.mx

<sup>4</sup> Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz". Edif. B4 2°. Piso. Ciudad Universitaria. C.P. 58060, Morelia, Michoacán. javier.ponce@umich.mx

## Resumen

En este estudio se reportan las inferencias paleoambientales obtenidas por medio del análisis visual de la distribución de las masas corporales (Cenograma) de la mastofauna recuperada del yacimiento LC-PT del Pleistoceno tardío. La mastofauna terrestre reportada comprende un ensamblaje rico y diverso (9 órdenes, 11 subórdenes, 25 familias, 44 géneros y 53 especies que en su mayoría corresponden a taxones de más de 8 kg, a diferencia de la actualidad que la cuenca de Cuitzeo está dominada por formas pequeñas menores a los 500 g. Se obtuvieron las masas corporales de los organismos extintos por medio del uso de ecuaciones de regresión para poder llevar a cabo el análisis visual del cenograma. Se comparó a LC-PT con localidades actuales y fósiles que presentaran estructuras de vegetación con dosel abierto y cerrado. Se concluye que el yacimiento guarda mayor similitud con localidades con un gran componente abierto que con ambientes cerrados, además, se infiere para el yacimiento un paleoambiente en estabilidad hídrica (mésico) y de clima templado.

**Palabras Clave:** Paleoambiente, masa corporal, cenograma, mastofauna, Pleistoceno.

## **Abstract**

In this study, we report the paleoenvironmental inferences obtained through visual analysis of the distribution of body masses (cenogram) of the mammal fauna recovered from the late Pleistocene LC-PT site. The reported terrestrial mammal fauna comprises a rich and diverse assemblage (9 orders, 11 suborders, 25 families, 44 genera and 53 species) that mostly correspond to taxa of more than 8 kg, unlike today that the Cuitzeo basin is dominated by small forms less than 500 g.

The body masses of the extinct organisms were obtained through the use of regression equations to be able to carry out the visual analysis of the cenogram. LC-PT was compared with current and fossil localities that presented vegetation structures with open and closed canopy. It is concluded that the deposit bears greater similarity with localities with a large open component than with closed environments, in addition, mesic conditions and temperate climate is inferred for the palaeoenvironment.

**Keywords:** Paleoenvironment, body mass, cenogram, mammal fauna, Pleistocene.

## Introducción

La Cinta-Portalitos (LC-PT) es un yacimiento fosilífero perteneciente al Pleistoceno tardío y a la NALMA Rancholabreano del cual se han recuperado restos fósiles de un ensamblaje mastofaunístico diverso que incluye 9 órdenes, 20 familias, 26 géneros y 44 especies formalmente identificadas (García-Zepeda, 2006; Pérez-González y Godínez-García, 2007; Marín-Leyva, 2008, 2011, 2015; Plata-Ramírez, 2012; Díaz-Sibaja, 2013, Alberdi *et al.*, 2014; Gutiérrez-Bedolla, 2014; 2018, Cervantes-Barriga, 2015, 2018; Eng-Ponce *et al.*, 2017a; Eng-Ponce, 2018 y Fernández-Duarte, 2019). Recientemente se han registrado nuevos taxones representantes del orden Carnivora: *Arctodus simus*, *Puma concolor* y *Smilodon fatalis* (Eng-Ponce *et al.*, 2018).

Gracias a estudios de inferencia de dieta y hábitat por medio de isótopos estables de carbono y microdesgaste dental, en algunos grupos de mamíferos como Antilocapridae, Bovidae, Camelidae, Cervidae, Cricetidae, Equidae y Elephantidae se ha inferido la existencia de un ambiente templado, húmedo con una estructura de vegetación heterogénea (Marín-Leyva *et al.*, 2015, 2016; Gutiérrez-Bedolla *et al.*, 2016; Díaz-Sibaja *et al.*, 2018; Cervantes-Barriga *et al.*, 2020; Delgado-García, 2020). Estos estudios se han enfocado en inferir el paleoambiente por medio del análisis individual de grupos taxonómicos, pero no existe un trabajo para este yacimiento que incluya a toda la mastofauna que analice su estructura.

La masa corporal es de los mejores predictores de características relacionadas con la ecología, historia de vida y fisiología de un taxón (Faith y Lyman, 2019). La distribución de masas corporales de comunidades de vertebrados actuales y extintos suele ser estudiada para encontrar relaciones con la estructura de su ambiente (e. g. Andrews, 1996; Lambert y Holling, 1998; García-Yelo, 2014;). Una manera de estudiar esta relación masa corporal/paleoambiente son los cenogramas (Legendre, 1986).

Los cenogramas son gráficos que relacionan la masa corporal (eje Y) de las especies de mamíferos con el orden decreciente de las especies presentes (eje X) de la localidad a estudiar (Gómez-Cano *et al.*, 2006). Originalmente este método fue

utilizado para relacionar el tamaño corporal entre depredador y presa (Valverde, 1964) y posteriormente fue adaptado por Legendre (1986), para el estudio de paleoambientes, utilizando la masa corporal en lugar del tamaño de los taxones. En esta adaptación se compara la distribución de masas corporales de las comunidades de mamíferos exceptuando al orden Chiroptera y Carnivora de las localidades fósilíferas con actuales para inferir el ambiente, esto a razón de que en el registro fósil suelen ser muy escasos estos taxones.

A partir de estas comparaciones, Legendre (1986), planteó la existencia de tres patrones: **1.** Cenogramas de ambientes abiertos mostrarán una brecha en las especies medianas a pequeñas (~500 g-8 kg). **2.** La pendiente generada por las especies grandes (>8 kg) es más pronunciada en ambientes áridos y nivelada en ambientes húmedos. **3.** La pendiente de especies pequeñas (<500 g) es más pronunciada en ambientes fríos que en ambientes cálidos.

El uso de los cenogramas para la descripción de ambientes del pasado ha sido popular, aunque su análisis cuantitativo ha sido criticado por no tener una base estadística (Rodríguez, 1999). Varios autores los han utilizado para llevar a cabo análisis cualitativos como la comparación visual para describir patrones estructurales entre comunidades de mamíferos y su paleoambiente (e. g. Travoullion *et al.*, 2009; Travoullion y Legendre, 2009; Lyman, 2013; Defeur y Desclaux, 2019).

La gran riqueza de mamíferos del yacimiento LC-PT permite llevar a cabo estudios sobre su estructura de su comunidad faunística. Conocer la preferencia de hábitat de los taxones actuales, que se han recuperado en el yacimiento, junto con el estudio de tamaño corporal de la mastofauna, puede abordar nuevos aspectos sobre la estructura vegetal del paleoambiente.

En este capítulo se reporta el listado mastofaunístico actualizado y las masas corporales de la fauna y se hacen inferencias paleoambientales del yacimiento del Pleistoceno tardío La Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato.

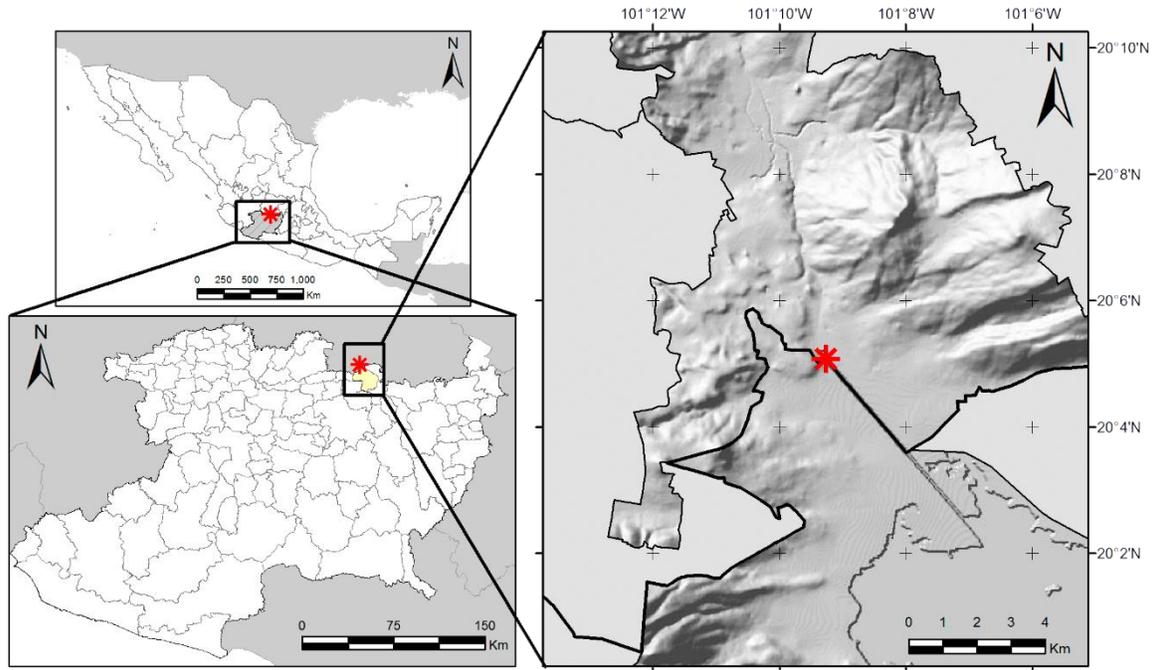
## Materiales y Métodos

### Área de Estudio

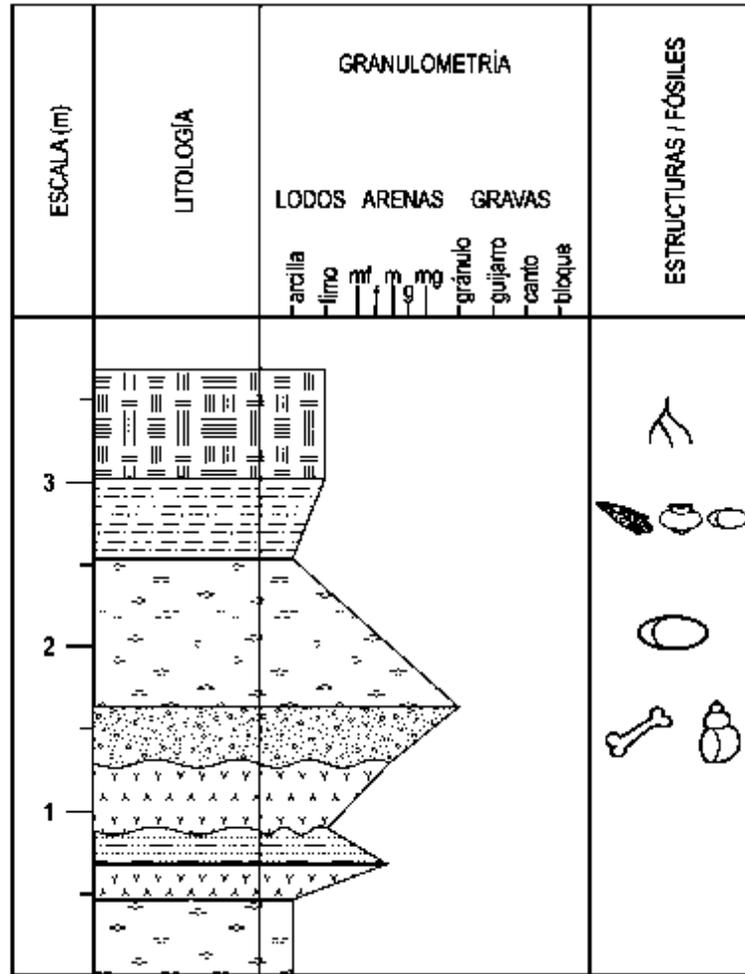
El yacimiento La Cinta- Portalitos (LC-PT), se ubica dentro de la cuenca de Cuitzeo entre los municipios de Cuitzeo (Michoacán) y Uriangato (Guanajuato) en las coordenadas 20° 05' 09''N y 101° 09' 31''O (**Figura 1**). Se encuentra entre elevaciones de 1750 y 2350 m s.n.m. (García-Zepeda, 2006; Marín-Leyva, 2011, Díaz-Sibaja, 2018). Su geomorfología es heterogénea y se divide en cuatro zonas: Noreste, con volcanes de tipo escudo con fallas normales que es parte del graben de Cuitzeo (Israde-Alcantara *et al.*, 2010); Noroeste, con volcanes monogenéticos y de tipo escudo; Suroeste, con la presencia de las rocas volcánicas más antiguas y Sur, con drenaje alterado por actividad agrícola y una porción del Lago de Cuitzeo (Marín-Leyva *et al.*, 2011).

Su estratigrafía (**Figura 2**) se compone de secuencias de origen lacustre, dominada por estratos conformados por diatomita; entre estas facies, existen algunos estratos de origen fluvial compuestos de arena y tobas arenosas. En la cima, se suelen recuperar artefactos arqueológicos. Los fósiles se encuentran desarticulados en un estrato compuesto por un conglomerado marrón con limos y matriz arenosa (García-Zepeda, 2006; Marín-Leyva *et al.*, 2016).

La edad de LC-PT está estimada en 24.05 Ka con un máximo de ca. 35 Ka y un mínimo de ca. 18 Ka (Díaz-Sibaja *et al.*, 2018), por lo que corresponde al Pleistoceno tardío y la NALMA (North American Land Mammal Ages/Edades de Mamíferos Terrestres Norteamericanos) Rancholabreano, corroborado por la presencia del género índice *Bison* y taxones restringidos a este lapso como: *Canis dirus*, *Platygonus compressus*, *Panthera atrox* y *Megalonyx jeffersoni* (García-Zepeda, 2006; Díaz-Sibaja *et al.*, 2013; Eng-Ponce, 2018).



**Figura 1. Ubicación del Yacimiento La Cinta-Portalitos (LC-PT), Michoacán-Guanajuato.**



**SIMBOLOGÍA**



Suelo



Arcilla limosa



Conglomerado



Arena limosa



Toba



Diatomita



Raíces



Obsidiana



Cerámica



Vertebrados



Gasterópodos



Concreciones / nódulos

Figura 2. Estratigrafía del yacimiento LC-PT, tomado de Díaz-Sibaja, 2018.

## **Revisión Bibliográfica del yacimiento LC-PT y de material de la Colección Paleontológica**

Se llevó a cabo una revisión de la literatura publicada sobre la mastofauna del yacimiento LC-PT. Se consideraron las siguientes fuentes de información: Artículos científicos, capítulos de libro, trabajos de tesis y resúmenes en simposios y congresos. Además, se hizo una revisión del material fósil de mamíferos aún no reportados formalmente en la Colección Paleontológica del Laboratorio de Paleontología de la Facultad de Biología de de la UMSNH, con el fin de incluirlos en el listado mastofaunístico.

### **Estimación de masas corporales**

Los modelos de regresión han sido utilizados por varios autores para encontrar relaciones lineales (Legendre, 1986; Janis, 1990; Christiansen, 2004) o alométricas (Martínez y Sudre, 1995; Alberdi *et al.*, 1995) entre dimensiones de elementos dentales, craneales y postcraneales con la masa corporal de diferentes grupos taxonómicos. Para obtener las masas corporales de la mastofauna del yacimiento LC-PT, se requirió el uso de ecuaciones de regresión lineal y alometría. Para aquellos taxones, que no se cuenta con las piezas requeridas para llevar a cabo la inferencia de masa corporal, se obtuvieron de la literatura especializada. Los promedios y gráficos reportados se obtuvieron en JMP 11 (SAS Institute, 2013), los gráficos fueron modificados en Corel Draw X7.

### ***Orden Perissodactyla (Familia Equidae)***

Para inferir la talla de los representantes del orden Perissodactyla se utilizaron las ecuaciones de regresión propuestas por Alberdi *et al.*, (1995) estas ecuaciones fueron desarrolladas para utilizar y relacionar variables del material postcraneal de équidos. En este trabajo se seleccionaron aquellas ecuaciones de regresión (**Tabla 1**) que pudieran utilizarse con el material depositado en la colección y que presenten un coeficiente de determinación alto (superior a 0.7) entre las variables requeridas (**Figura 3**) y la masa corporal.



**Figura 3. Variables requeridas para las ecuaciones de regresión, modificado de Alberdi *et al.* (1995). Abreviaciones: F5, Profundidad proximal de la falange proximal del tercer dígito; Mc6, profundidad proximal de la faceta articular del tercer metacarpal; Mc13, profundidad mínima distal del cóndilo lateral del tercer metacarpal; Mt13, profundidad mínima distal del cóndilo lateral del tercer metatarso.**

**Tabla 1. Ecuaciones de regresión y variables requeridas para inferir la masa corporal de las especies en el orden Perissodactyla.**

Ecuación de regresión y coeficiente de determinación (Alberdi <i>et al.</i> , 1995)	Pieza y variable requerida.
$Y = -6.548 + 3.476^*(X)$ $r^2 = 0.982$	Falange proximal del tercer dígito, variable <b>F5</b> (Profundidad proximal)
$Y = -5.685 + 3.356^*(X)$ $r^2 = 0.920$	Tercer metacarpal <b>Mc6</b> (Profundidad proximal articular)
$Y = 4.313 + 3.056^*(X)$ $r^2 = 0.964$	Tercer metacarpal, variable <b>Mc13</b> (Profundidad mínima distal del cóndilo lateral)
$Y = 3.521 + 2.83^*(X)$ $r^2 = 0.919$	Tercer metatarsal, variable <b>Mt13</b> (Profundidad mínima distal del cóndilo lateral)

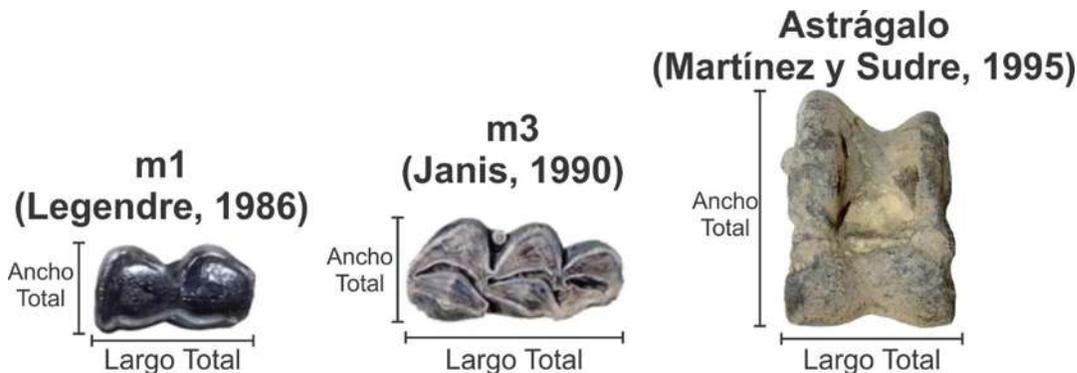
Donde (X) corresponde a la variable requerida en milímetros transformada a logaritmo natural.

Se requiere elevar el resultado exponencialmente para obtener la masa corporal en kg.

## **Orden Cetartiodactyla**

Para la estimación de masa corporal de los representantes de este orden se requirió el uso de diferentes ecuaciones de regresión que utilizan el área (**Figura 4**) de los molares inferiores m1 (Legendre, 1986), m<sup>3</sup> (Janis, 1990) y el área del astrágalo (Martínez y Sudre, 1995) (**Tabla 2**)

Las ecuaciones propuestas por Legendre (1986), relacionan el área de la corona del primer molar inferior (m1) en mm<sup>2</sup> transformada en logaritmo natural con la masa corporal en gramos de varios grupos taxonómicos (e.g. órdenes Cetartiodactyla, Carnivora, Chiroptera, Didelphimorphia, Perissodactyla, Rodentia). La ecuación de regresión desarrollada por Janis (1990) para inferir la masa corporal de rumiantes (e.g. familias Bovidae, Cervidae, Antilocapridae) utiliza el área del tercer molar inferior (m3) transformada en logaritmo base 10. Martínez y Sudre (1995) demuestran que hay una relación alométrica entre el área del astrágalo y la talla en el grupo de los cetartiodáctilos. Su ecuación de regresión utiliza el área de esta pieza transformada en logaritmo natural para llevar a cabo la predicción de la masa corporal.



**Figura 4. Medidas requeridas para obtener el área del m1, m3 y astrágalo para las inferencias de masa corporal. Las piezas ilustradas corresponden a UM941 (m1, *Capromeryx minor*), UM975 (m3, *Odocoileus hemionus*) y UM1135 (astrágalo, *Bison antiquus*), no se encuentran a escala.**

**Tabla 2. Ecuaciones de regresión utilizadas para inferir la masa corporal del orden Cetartiodactyla.**

<b>Autor</b>	<b>Ecuación de regresión</b>	<b>Pieza y variable requerida</b>
Legendre (1986)	Ecuación para herbívoros: $y=2.694+1.693*(X)$ $r=0.964$	Primer molar inferior (m1), área en mm <sup>2</sup> .
Janis (1990)	$Y= 1.43 +1.63 *log(X)$ $r^2=0.902$	Tercer molar inferior (m3), área en cm <sup>2</sup> .
Martínez y Sudre (1995)	$Y =3.16*(X)^{1.482}$ $r^2=0.902$	Astrágalo, área en mm <sup>2</sup>

Donde (X) corresponde al área en mm<sup>2</sup> transformada en logaritmo natural para las ecuaciones de regresión de Legendre (1986), Martínez y Sudre (1995), Se requiere elevar el resultado exponencialmente para obtener la masa corporal en gramos y kilos respectivamente. Para la ecuación de regresión de Janis (1990) se requiere elevar el resultado a potencia base 10 para obtener la masa corporal en kg.

### **Orden Proboscidea**

Para la inferencia de masa corporal de los proboscidios reportados en el yacimiento se requirió del uso de las ecuaciones de regresión de Christiansen (2004) que utilizan las siguientes medidas del esqueleto apendicular (húmero, úlna, fémur o tibia, **Tabla 3**) en milímetros: largo total y circunferencia menor de la diáfisis.

Debido al estado incompleto de las piezas revisadas, las ecuaciones de largo total fueron utilizadas para *C. hyodon* y las ecuaciones para la circunferencia se utilizaron para estimar a *M. columbi*.

**Tabla 3. Ecuaciones de regresión utilizadas para inferir la masa corporal de los representantes del orden Proboscidea.**

Ecuaciones de regresión y pieza requerida.	variable requerida
Ecuación para largo total húmero: $y = -4.145 + 2.635 * (x)$ $r^2 = 0.98$	Largo total en mm.
Ecuación para circunferencia úlna: $y = -1.349 + 2.022 * (X)$ $r^2 = 0.994$	Circunferencia menor de la diáfisis en mm.
Ecuación para largo total úlna: $y = -4.135 + 2.674 * (x)$ $r^2 = 0.99$	Largo total en mm.
Ecuación para circunferencia fémur: $y = -1.606 + 2.073 * (X)$ $r^2 = 0.952$	Circunferencia menor de la diáfisis en mm.
Ecuación para largo total fémur: $y = -5.568 + 3.036 * (x)$ $r^2 = 0.97$	Largo total en mm.
Ecuación para circunferencia tibia: $y = -2.724 + 2.647 * (X)$ $r^2 = 0.982$	Circunferencia menor de la diáfisis en mm.
Ecuación para largo total tibia: $y = -3.064 + 2.378 * (x)$ $r = 0.976$	Largo total en mm.

Donde (X) corresponde a la medida requerida en mm transformada en logaritmo base 10. Se requiere elevar el resultado exponencialmente para obtener la masa corporal en kilogramos.

## **Orden Rodentia y Lagomorpha**

Para inferir las tallas de algunos representantes de estos órdenes se requirió el uso de dos ecuaciones de regresión propuestas por Legendre (1986) que utilizan el área del m1 (**Tabla 4**).

Tabla 4. Ecuaciones de regresión utilizadas para inferir la masa corporal de los representantes de los órdenes Rodentia y Lagomorpha.

<b>Ecuación de regresión.</b>	<b>Pieza y variable requerida</b>
<b>Ecuación para mamíferos menores de 500 gramos:</b> $y=1.786+1.621*(X)$ $r^2=0.783$	Primer molar inferior (m1), área en mm <sup>2</sup> .
<b>Ecuación para mamíferos mayores de 500 gramos:</b> $y=3.115+1.538*(x)$ $r^2=0.886$	Primer molar inferior (m1), área en mm <sup>2</sup> .

**Donde (X) corresponde al área en mm<sup>2</sup> transformada en logaritmo natural. Se requiere elevar el resultado exponencialmente para obtener la masa corporal en gramos.**

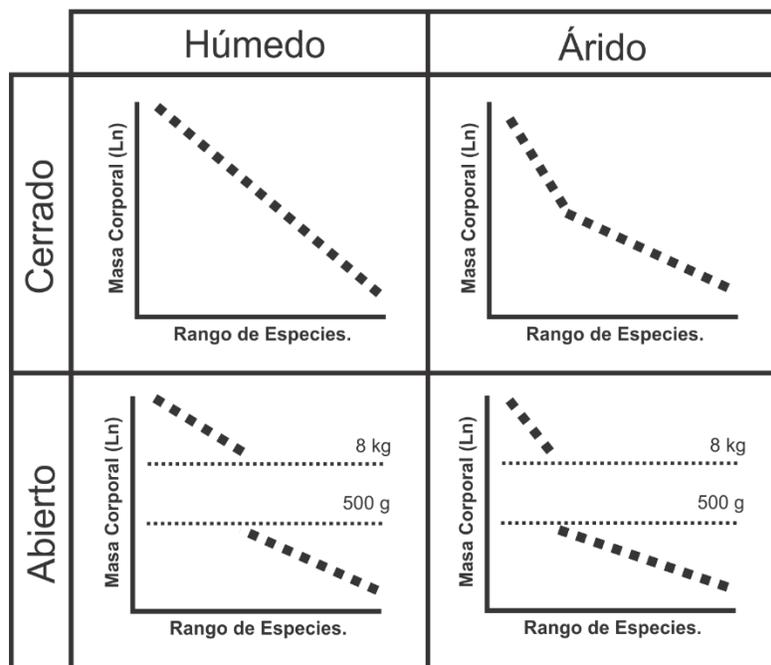
## Cenograma

Para la construcción del cenograma, se requiere utilizar la media de la masa corporal en gramos de la mastofauna transformado en logaritmo natural para el eje de la Y, mientras que en el eje de las X va el rango de especies en orden decreciente excluyendo a los carnívoros y quirópteros (Legendre, 1986).

Para el análisis visual del cenograma se utilizaron las reglas empíricas planteadas por Legendre (1986):

1. comunidades de ambientes abiertos mostrarán una brecha en la pendiente las especies medianas a pequeñas (~500 g-8 kg).
2. La pendiente generada por las especies grandes (>8 kg) es más pronunciada en ambientes áridos y nivelada en ambientes húmedos.
3. la pendiente de especies pequeñas (<500 g) es más pronunciada en ambientes fríos que en ambientes cálidos.

Estas reglas se resumen en la **Figura 5**.



**Figura 5. Algoritmo para la interpretación de los cenogramas (Legendre, 1986; modificado de Faith y Lyman, 2019).**

Para comparar el cenograma del yacimiento LC-PT se construyó el cenograma de la cuenca de Cuitzeo con la mastofauna actual utilizando el listado reportado por Monterrubio-Rico *et al.*, (2019) y se hizo la inclusión de reportes históricos. Las masas corporales de la fauna actual de la cuenca de Cuitzeo se obtuvieron de Ceballos (2014).

Para la comparación visual con diferentes tipos de comunidades de mamíferos se construyeron cinco cenogramas de ambientes modernos con vegetación abierta y cinco con vegetación cerrada. Los listados de la mastofauna, la masa corporal y el tipo de vegetación de los ambientes actuales se obtuvieron de Fleming (1973), Granados-Corona (1988), O'Connor (1992), Rodríguez (1999), Baruch (2005) Y Elizalde-Arellano *et al.*, (2014).

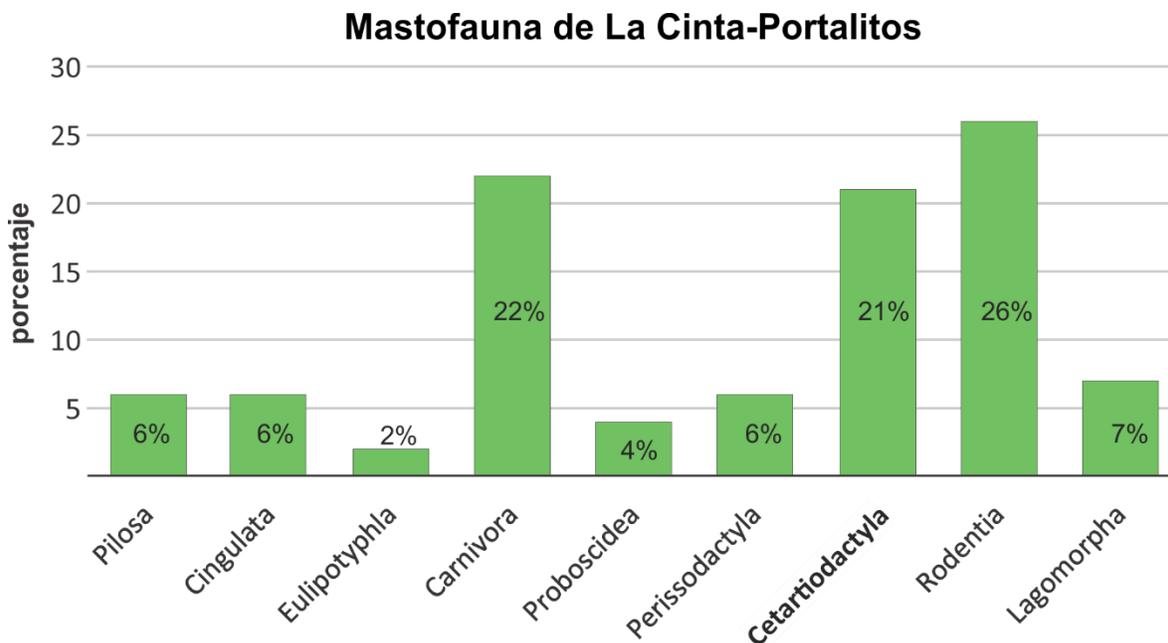
Para una comparación con ensamblajes faunísticos del Pleistoceno norteamericano se construyeron los cenogramas de las localidades con estructura de la vegetación y paleoambiente conocido. El listado faunístico, masas corporales y tipo de vegetación de las localidades de Rancho La Brea e Ichetucknee River se obtuvieron de los trabajos de Stock (1992) y Lambert y Holling (1998). Se excluyeron los carnívoros y los quirópteros al momento de generar los cenogramas siguiendo la metodología de Legendre (1986).

Para evitar una mala interpretación visual de los cenogramas, estos se construyeron en la misma escala, los gráficos se obtuvieron en JMP 11 (SAS Institute, 2013) y se modificaron en Corel Draw X7.

## Resultados

### Listado Mastofaunístico

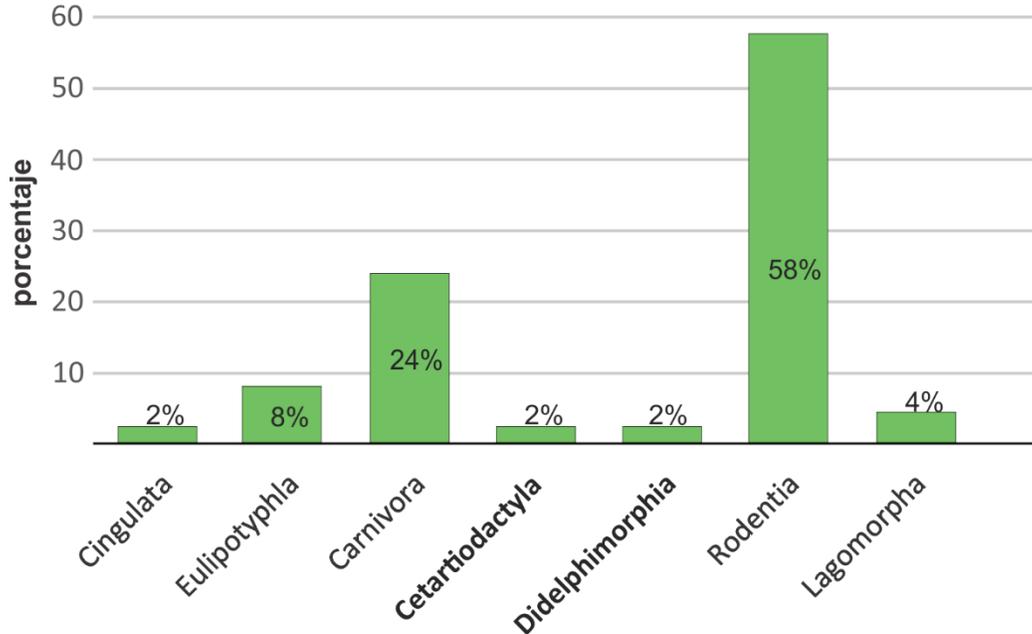
Para el yacimiento LC-PT se reporta un ensamblaje mastofaunístico fósil diverso (**Figura 6, Tabla 5**), cuenta con 9 órdenes, 11 subórdenes, 25 familias, 42 géneros y 53 especies.



**Figura 6. Porcentajes de los diferentes órdenes de mamíferos terrestres recuperados del yacimiento LC-PT.**

El orden con mayor riqueza de especies fue Rodentia (26%, 7 géneros y 14 spp.), seguido de Carnivora (22%, 12 géneros y 12 spp.) y Cetartiodactyla (21%, 8 géneros y 11 spp.). Los órdenes con menor representación son Lagomorpha (7%, 3 géneros y 4 spp.), Pilosa (6%, 3 géneros y 3 spp.), Cingulata (6%, 3 géneros y 3 spp.), Perissodactyla (2 géneros y 3 spp.) y por último el orden Eulipotyphla se encuentra representado sólo por un género y una especie (2%).

## Mastofauna de la Cuenca de Cuitzeo



**Figura 7. Proporción de los diferentes órdenes de mamíferos terrestres que habitan actualmente la cuenca de Cuitzeo.**

Actualmente la cuenca de Cuitzeo alberga 7 órdenes, 14 familias, 35 géneros y 50 especies de mamíferos terrestres (**Figura 7, Tabla 6**), esto es incluyendo los reportes históricos (Monterrubio-Rico *et al.*, 2019).

El orden Rodentia es el mejor representado en la actualidad (58%, 15 géneros y 29 sp.), seguido por el orden Carnivora (24%, 12 géneros y 12 spp.), Eulipotyphla (8%, 3 géneros y 4 spp.) y Lagomorpha (4%, 2 géneros y 2 spp.). Los órdenes menos representados actualmente son Cetartiodactyla, Didelphimorphia y Cingulata con un género y una especie cada uno que comprenden el 6% restante de la fauna terrestre.

Los quirópteros, aunque no son contemplados para construir el cenograma, actualmente en la cuenca de Cuitzeo se reporta la presencia de 5 familias, 13 géneros y 21 especies (Monterrubio-Rico *et al.*, 2019).

Tabla 5. Mastofauna de LC-PT. Con asterisco (\*) se indican los taxones extintos en la actualidad. Con # se encuentran marcados aquellos taxones que contaron con material viable para obtener las masas corporales y con “aquellos taxones que se infirió la masa corporal por medidas presentadas en la literatura o por material de otras localidades.

Orden	Suborden	Familia	Género	Especie	
Pilosa	Folivora	Megalonychidae	<i>Megalonyx</i>	* <i>M. jeffersonii</i> Desmarest, 1822	
		Myodontidae	<i>Paramylodon</i>	* <i>P. harlani</i> (Owen, 1840)	
		Nothrotheriidae	<i>Nothrotheriops</i>	* <i>N. shastensis</i> (Sinclair, 1905)	
Cingulata		Clamyphoridae	<i>Glyptotherium</i>	* <i>G. cylindricum</i> Brown 1912	
		Pampatheriidae	<i>Holmesina</i>	* <i>H. septentrionalis</i> Leidy, 1889	
			<i>Pampatherium</i>	* <i>P. mexicanum</i> Edmund, 1996	
Eulipotyphla		Soricidae	<i>Cryptotis</i>	<i>C. parva</i> (Say, 1823)	
Carnivora	Feliformia	Felidae	<i>Panthera</i>	* <i>P. atrox</i> (Leidy, 1853)	
			<i>Lynx</i>	<i>L. rufus</i> (Schreber, 1777)	
			<i>Smilodon</i>	* <i>S. fatalis</i> Leidy, 1869	
			<i>Puma</i>	<i>P. concolor</i> (Linnaeus, 1771)	
			<i>Leopardus</i>	<i>L. pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	
	Caniformia	Canidae	<i>Aenocyon</i>	* <i>A. dirus</i> Leidy, 1858	
			<i>Canis</i>	<i>C. latrans</i> (Say, 1823)	
			<i>Urocyon</i>	<i>U. cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)	
			Ursidae	<i>Arctodus</i>	* <i>A. simus</i> Cope, 1897
			<i>Tremarctos</i>	* <i>T. floridanus</i> (Gidley, 1928)*	
	Mustelidae	<i>Lontra</i>	<i>L. longicaudis</i> (Olfers, 1818)		
		Procyonidae	<i>Procyon</i>	<i>P. lotor</i> (Linnaeus, 1758)	
		Elephantidae	<i>Mammuthus</i>	“ * <i>M. columbi</i> (Falconer, 1857)	
Proboscidea		Gomphoteriidae	<i>Cuvieronius</i>	“ * <i>C. hyodon</i> (Fischer, 1814)	
		Equidae	<i>Equus</i>	# * <i>E. mexicanus</i> Hibbard, 1955	
<i>Haringtonhippus</i>	# * <i>E. conversidens</i> Owen, 1869				
	# * <i>Haringtonhippus francisci</i> (Hay, 1915)				
Cetartiodactyla	Ruminantia	Bovidae	<i>Bison</i>	# * <i>B. antiquus</i> Leidy, 1825 “ * <i>B. latifrons</i> (Harlan, 1825)	

		Cervidae	<i>Odocoileus</i>	# <i>O. virginianus</i> (Rafinesque, 1817) # <i>O. hemionus</i> (Zimmerman, 1780)
		Antilocapridae	<i>Capromeryx</i> <i>Stockoceros</i> <i>Tetrameryx</i>	# * <i>C. minor</i> Taylor, 1911 # * <i>S. conklingi</i> Stock, 1930 # * <i>T. shuleri</i> Lull, 1921
	Suina	Tayassuidae	<i>Platygonus</i>	# * <i>P. compressus</i> LeConte, 1848
	Tylopoda	Camelidae	<i>Camelops</i> <i>Hemiauchenia</i>	# * <i>C. hesternus</i> Leidy, 1873 # * <i>H. macrocephala</i> (Cope, 1893) “ * <i>H. gracilis</i> Meachen, 2005
Rodentia	Myomorpha	Cricetidae	<i>Sigmodon</i>	<i>S. hispidus</i> Say & Ord, 1825 <i>S. alleni</i> Bailey, 1902 <i>S. leucotis</i> Bailey, 1902
			<i>Microtus</i>	# <i>M. mexicanus</i> (Saussure, 1861) <i>M. quasiater</i> (Coues, 1874)
			<i>Neotoma</i>	“ * <i>N. cf. tlapacoyana</i> Álvarez y Hernández-Chávez, 1994 # <i>N. mexicana</i> Baird, 1855 <i>N. albigula</i> Hartley, 1894 <i>N. palatina</i> Goldman, 1905
	Sciuromorpha	Sciuridae	<i>Ictidomys</i>	<i>I. mexicanus</i> (Erxleben, 1777)
	Hystricomorpha	Caviidae	<i>Nechoerus</i>	# * <i>N. aesopi</i> Leidy, 1853
	Castorimorpha	Geomyidae	<i>Thomomys</i> <i>Cratogeomys</i>	<i>T. umbrinus</i> (Richardson, 1829) <i>C. fumosus</i> Merriam, 1892 <i>C. castanops</i> Baird, 1852
Lagomorpha		Leporidae	<i>Lepus</i> <i>Sylvilagus</i>  <i>Aztlanolagus</i>	<i>Lepus</i> sp. (Cf. <i>L. alleni</i> Mearns, 1890) <i>S. cunicularius</i> (Waterhouse, 1848) <i>S. floridanus</i> (J. A. Allen, 1890) * <i>A. agilis</i> Russell & Harris, 1986

Tabla 6. Fauna actual reportada para la Cuenca de Cuitzeo. En la tabla se omitieron las especies de quirópteros (21 spp.), información obtenida de Monterrubio-Rico *et al.*, (2019). Con asterisco (\*) aquellas especies de registro histórico y con doble asterisco (\*\*) se indican las especies que se encuentran en el registro fósil de LC-PT.

Orden	Suborden	Familia	Género	Especie
Didelphimorphia		Didelphidae	<i>Didelphis</i>	<i>D. virginiana</i>
Cingulata		Dasypodidae	<i>Dasypus</i>	<i>D. novemcinctus</i>
Eulipotyphla		Soricidae	<i>Cryptotis</i>  <i>Notiosorex</i> <i>Sorex</i>	<i>C. alticola</i> ** <i>C. parva</i> <i>N. evotis</i> <i>S. saussurei</i>
Carnivora		Canidae	<i>Canis</i> <i>Urocyon</i>	** <i>C. latrans</i> ** <i>U. cinereoargenteus</i>
		Felidae	* <i>Puma</i> <i>Lynx</i>	** * <i>P. concolor</i> ** <i>L. rufus</i>
		Mustelidae	<i>Mustela</i> * <i>Taxidea</i>	<i>M. frenata</i> * <i>T. taxus</i>
		Mephitidae	<i>Conepatus</i> <i>Mephitis</i> * <i>Spilogale</i>	<i>C. leuconotus</i> <i>M. macroura</i> * <i>S. gracilis</i>
		Procyonidae	<i>Bassariscus</i> <i>Nasua</i> <i>Procyon</i>	<i>B. astutus</i> <i>N. narica</i> ** <i>P. lotor</i>
Cetartiodactyla		Cervidae	* <i>Odocoileus</i>	** * <i>O. virginianus</i>
Rodentia		Scuridae	* <i>Glaucomyx</i> <i>Sciurus</i>	* <i>G. volans</i> <i>S. aureogaster</i> <i>S. oculatus</i>
		Geomyidae	<i>Otospermophilus</i> <i>Cratogeomys</i> <i>Thomomys</i> <i>Zygogeomys</i>	<i>O. variegatus</i> ** <i>C. fumosus</i> ** <i>T. umbrinus</i> <i>Z. trichopus</i>
		Heteromyidae	<i>Heteromys</i>	<i>H. irroratus</i>
		Cricetidae	<i>Microtus</i> <i>Baiomys</i> <i>Neotoma</i>  <i>Neotomodon</i> <i>Oryzomys</i>	** <i>M. mexicanus</i> <i>B. taylori</i> <i>N. leucodon</i> ** <i>N. mexicana</i> <i>N. alstoni</i> <i>O. couesi</i>



## **Masas Corporales**

Del total de la mastofauna mencionada solo del 26% de los taxones (**Tabla 5**, marcados con #) fue posible inferir la masa corporal a partir del material resguardado en la Colección Paleontológica del Laboratorio de Paleontología de la Facultad de Biología, debido a que la mayoría de los taxones conocidos para el yacimiento corresponden a piezas no útiles para hacer las predicciones.

### ***Superorden Xenarthra (Orden Pilosa y Cingulata).***

Las masas corporales de los taxones *Paramylodon harlani*, *Nothrotheriops shastensis*, *Megalonyx jeffersonii*, *Glyptotherium cylindricum* y *Holmesina septentrionalis* (**Tabla 7**), fueron obtenidas del trabajo de McDonald (2005) quien utilizó el largo del fémur en cm para obtener la predicción de la talla debido a que la colección de xenartros de LC-PT no cuenta con las piezas necesarias ya que de estos taxones sólo se conocen dientes aislados, vertebras incompletas y osteodermos. En el caso de *Pampatherium mexicanum* existe una mención de masa corporal en Huard y Gareau (2018) pero no se especifica cómo se obtuvo o la fuente original, por lo que se optó en utilizar la masa corporal de *Pampatherium typum* (Fariña, 1996), su pariente cercano estimado en una talla similar a la de *H. septentrionalis* (200 Kg).

**Tabla 7. Masas corporales de los representantes del superorden Xenarthra (Pilosa y Cingulata) del yacimiento LC-PT.**

<b>Taxón</b>	<b>Masa corporal (kg)</b>	<b>Referencia</b>
<i>Pampatherium mexicanum</i> Edmund, 1996	<b>200</b>	Fariña, 1996
<i>Holmesina septentrionalis</i> Leidy, 1889	<b>216</b>	McDonald, 2005
<i>Nothrotheriops shastensis</i> (Sinclair, 1905)	<b>463</b>	McDonald, 2005
<i>Glyptotherium cylindricum</i> Brown 1912	<b>563</b>	McDonald, 2005
<i>Megalonyx jeffersonii</i> Desmarest, 1822	<b>1009</b>	McDonald, 2005
<i>Paramylodon harlani</i> (Owen, 1840)	<b>1392</b>	McDonald, 2005

### **Orden Carnivora**

El orden Carnivora en el yacimiento LC-PT está compuesto de 7 taxones que sobreviven en la actualidad en el territorio mexicano: *Lynx rufus*, *Leopardus pardalis*, *Puma concolor*, *Canis latrans*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Lontra longicaudis* y *Procyon lotor*. La masa corporal de estos taxones fue obtenida de Ceballos (2014), en la **Tabla 8** se presenta el promedio para estas especies.

Las tallas de las especies extintas (**Tabla 8**) fueron obtenidas de diferentes fuentes en la literatura especializada ya que ninguna pieza fue útil para realizar las inferencias. La talla de *Panthera atrox* proviene de Sorkin (2008) donde el autor hizo una extrapolación utilizando el largo basal del cráneo de *P. leo* y *P. atrox* del Rancho La Brea (Merriam y Stock, 1932). Para *Smilodon fatalis* se recurrió a Christiansen y Harris (2005) quienes utilizaron 36 variables osteológicas del húmero y úlna para su estimación por medio de ecuaciones de alometría. La masa corporal de *Aenocyon dirus* proviene de Anyonge y Roman (2006) quienes utilizaron regresiones lineales con mediciones del corte transversal del fémur. La masa de *Arctodus simus* se obtuvo de Christiansen (1999) que hizo uso de medidas del fémur y húmero para sus ecuaciones de regresión. Por último, la talla de *Tremarctos floridanus* proviene del trabajo de Lambert y Holling (1998) que utilizaron ecuaciones de regresión usando medidas de la circunferencia mayor y menor del húmero.

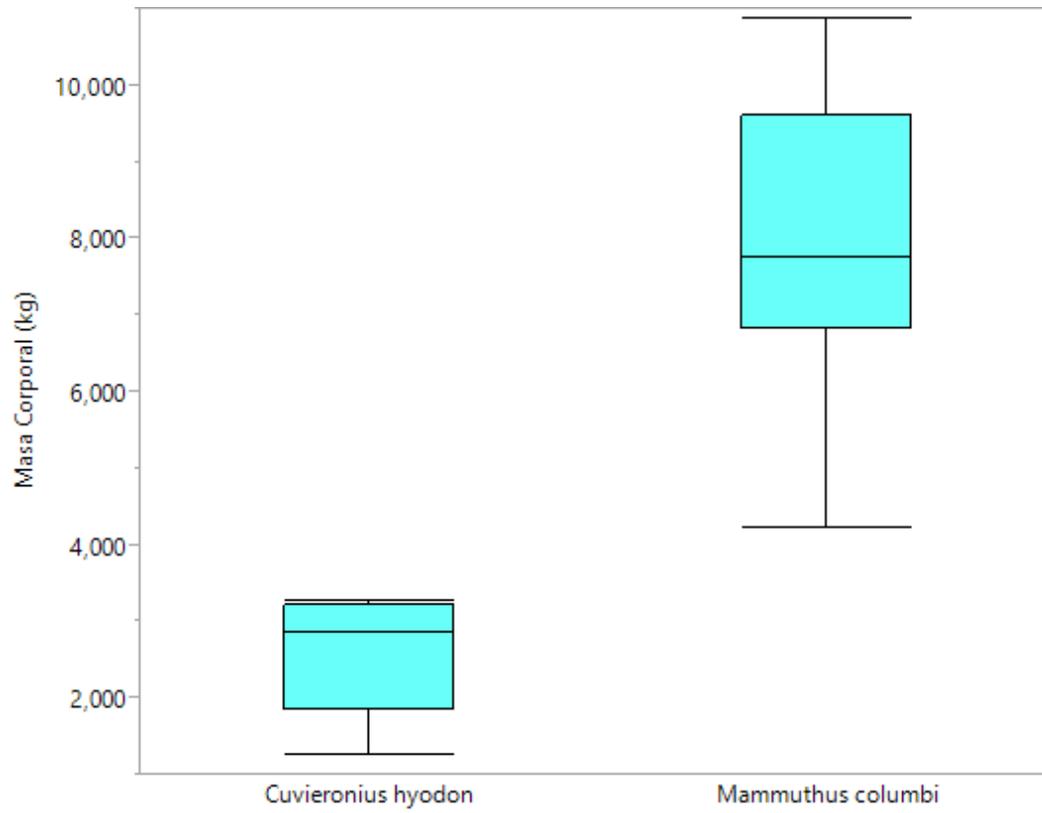
**Tabla 8. Masas corporales en kg de los representantes del orden Carnivora del yacimiento LC-PT.**

<b>Taxón</b>	<b>Masa corporal (kg)</b>	<b>Referencia</b>
<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)	<b>4</b>	Ceballos, 2014
<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)	<b>6</b>	Ceballos, 2014
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	<b>12</b>	Ceballos, 2014
<i>Canis latrans</i> (Say, 1823)	<b>12</b>	Ceballos, 2014
<i>Lontra longicaudis</i> (Olfers, 1818)	<b>15</b>	Ceballos, 2014
<i>Lynx rufus</i> (Schreber, 1777)	<b>17</b>	Ceballos, 2014
<i>Aenocyon dirus</i> Leidy, 1858	<b>60</b>	Anyonge y Roman, 2006
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	<b>74</b>	Ceballos, 2014
<i>Tremarctos floridanus</i> (Gidley, 1928)	<b>219</b>	Lambert y Holling, 1998
<i>Smilodon fatalis</i> Leidy, 1869	<b>260</b>	Christiansen y Harris, 2005
<i>Panthera atrox</i> (Leidy, 1853)	<b>420</b>	Sorkin, 2008
<i>Arctodus simus</i> Cope, 1897	<b>770</b>	Christiansen, 1999

### ***Orden Proboscidea***

Para obtener la masa corporal del taxón *Cuvieronius hyodon* se requirió utilizar las ecuaciones del largo total de los huesos del esqueleto apendicular, las medidas fueron obtenidas de cuatro individuos provenientes del estado de Colima depositados en el INAH CDMX y dos individuos de Puebla (Montellano-Ballesteros, 2002; Tapia-Ramírez, 2013) (**Anexo 1, Tabla 1**). Se obtuvo una talla mínima de 1.24 toneladas, una talla máxima de 3.26 toneladas y un promedio de 2.5 toneladas para este taxón (**Tabla 9, Figura 8**).

*Mammuthus columbi* es un taxón abundante en el yacimiento LC-PT, pero la mayoría de las piezas son dentales o material postcraneal fragmentario (Gutiérrez-Bedolla, 2014). Para obtener la masa corporal se consultó el material depositado en el INAH CDMX y MUHNA (Museo de Historia Natural de Morelia, Michoacán). En total se obtuvieron medidas de 7 individuos provenientes del centro de México y 2 del norte de Michoacán, entre ellos un individuo con número de colección perteneciente al yacimiento LC-PT. Se infirió una talla mínima de 4.2 toneladas, una talla máxima de 10.8 toneladas y una talla promedio de 7.9 toneladas para *Mammuthus columbi* (**Tabla 2, Figura 8**).



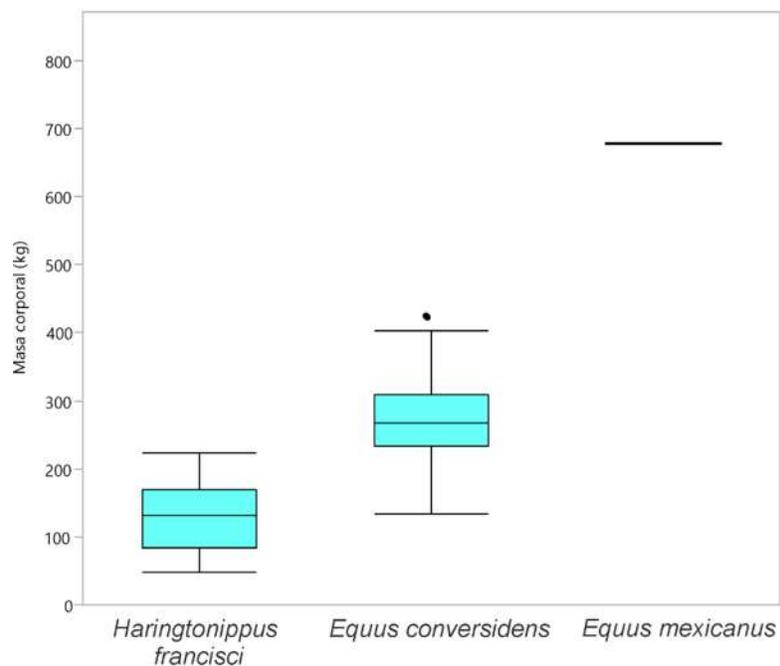
**Figura 8. Distribución de las masas corporales en kg de los representantes del orden Proboscidea del yacimiento LC-PT.**

**Tabla 9. Masa corporal de los representantes del orden Proboscidea del yacimiento LC-PT.**

<b>Taxón</b>	<b>Talla mínima (Kg)</b>	<b>Promedio (Kg)</b>	<b>Talla máxima (kg)</b>
<i>Cuvieronius hyodon</i> (Fischer, 1814)	<b>1249</b>	<b>2577</b>	<b>3262</b>
<i>Mammuthus columbi</i> (Falconer, 1857)	<b>4224</b>	<b>7913</b>	<b>10867</b>

### ***Orden Perissodactyla***

El orden Perissodactyla contó con la mayor cantidad de piezas para las inferencias de masa corporal (100 piezas). Se utilizaron 49 falanges proximales del tercer dígito para la ecuación de la variable **F5 (Anexo 1 Tabla 3)**, 7 porciones proximales del tercer metacarpal para la ecuación de la variable **Mc6 (Anexo 1 Tabla 4)**, 21 porciones distales del tercer metacarpal para la ecuación de la variable **Mc13 (Anexo 1 Tabla 5)** y 23 porciones distales del tercer metatarsal para la ecuación de la variable **Mt13 (Anexo 1 Tabla 6)**. Las predicciones para cada taxón se sumaron y promediaron por especie, en la **Figura 9** se muestra la predicción de masa corporal del único individuo de *Equus mexicanus* y la variación de tallas de *Harintonhippus francisci* y *Equus conversidens*. En la **Tabla 10** se presentan la talla máxima, la media y la talla mínima de estos taxones.



**Figura 9.** Distribución de las masas corporales en kg de los representantes de las tres especies del género *Equus* del yacimiento LC-PT. Se presentan como puntos sobrelapados los valores atípicos de *E. conversidens*.

**Tabla 10.** Masas corporales inferidas para los representantes de la familia Equidae de LC-PT.

Taxón	Talla mínima (kg)	Media o único individuo (kg)	Talla máxima (kg)
<i>Harintonhippus francisci</i> (Hay, 1915)	49	131	224
<i>Equus conversidens</i> Owen, 1869	134	272	403
<i>Equus mexicanus</i> Hibbard, 1955		677	

\**Equus conversidens* presenta dos valores atípicos de 423 y 424 kg.

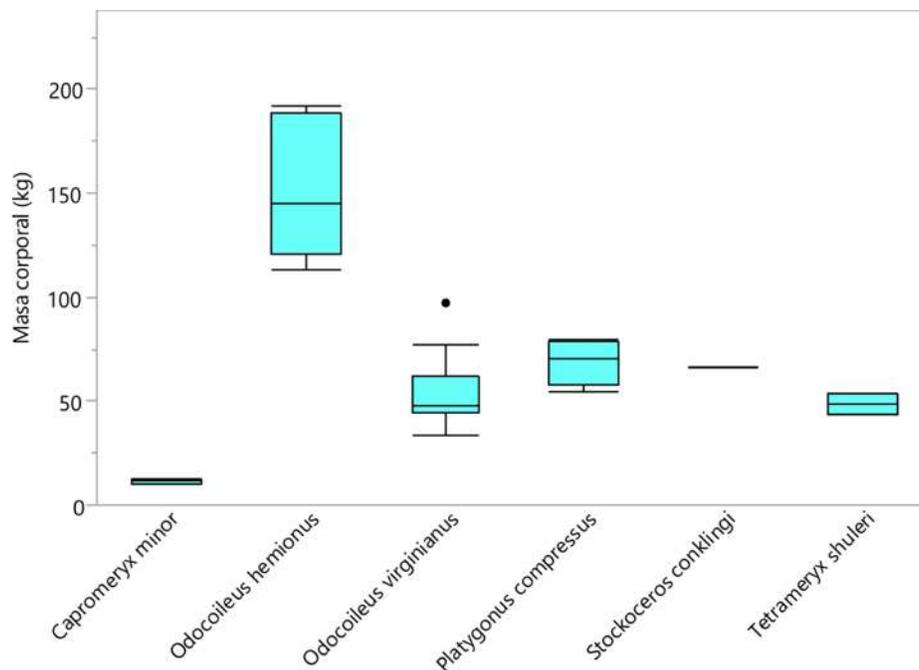
Para la especie *Harintonhippus francisci* se obtuvo una media de 131 kg con una talla máxima estimada en 224 kg y una mínima de 49 kg, Marín-Leyva (2011), obtuvo para esta especie una talla mínima de 68 kg, una media de 146 kg y una talla máxima de 225 kg para LC-PT, cabe mencionar que el número de muestra fue diferente siendo 7 individuos los utilizados en las estimaciones por Marín-Leyva a 14 individuos de este trabajo. Las tallas reportadas para esta especie para LC-PT son similares a lo inferido con el material del yacimiento El Cedral, San Luis Potosí con una media de 144 Kg (Marín-Leyva, 2011).

Para *Equus conversidens* se reporta una talla mínima de 134 kg, una media de 272 kg y talla máxima de 403 Kg y dos valores atípicos de 423 y 424 Kg. Marín-Leyva (2011) reporta para esta especie un estimado de 345 kg utilizando sólo dos individuos estimados en 258 kg y 432 kg, en este trabajo la muestra de esta especie se aumentó a 85 piezas. Alberdi *et al.*, (1995), reporta una talla estimada en 306 kg la especie, esta media corresponde a sólo 5 individuos.

Por último, se reporta la estimación de masa corporal de un individuo del taxón *Equus mexicanus*. La mayoría del material colectado de esta especie corresponde a dientes. Sólo una pieza (UM2270) se pudo utilizar para hacer la inferencia de masa corporal y se obtuvo una talla de 677 kg. Marín-Leyva (2011), estimó la masa de *E. mexicanus* para un solo individuo de la localidad de La Piedad-Santa Ana, Michoacán-Guanajuato y obtuvo un estimado de 477 kg, asimismo obtuvo una media de 513 kg, una talla mínima de 351 kg y una máxima de 710 kg utilizando 36 individuos del Cedral, San Luis Potosí. Nuestro individuo de *E. mexicanus* de LC-PT es similar a la talla máxima presentada por los individuos del Cedral.

### **Orden Cetartiodactyla**

Se pudo inferir la masa corporal de las once especies que componen este orden del yacimiento LC-PT (**Tablas 7, 8 y 9; Figura 10 y Figura 11**). Para estimar la talla de los taxones *Bison latifrons* y *Hemiauchenia gracilis* se requirió utilizar las medidas del astrágalo reportadas en Miller (1976), Scott y Cox (2008) para *B. latifrons* y Meachen (2005), Jiménez-Hidalgo y Carranza-Castañeda (2010) para *H. gracilis*.



**Figura 10.** Distribución de masas corporales inferidas en kg de los representantes de las familias Antilocapridae (*Capromeryx minor*, *Stockoceros conklingi* y *Tetrameryx shuleri*), Cervidae (*Odocoileus hemionus* y *O. virginianus*) y Tayassuidae (*Platygonus compressus*) del yacimiento LC-PT. El punto solitario representa un valor atípico para *O. virginianus*.

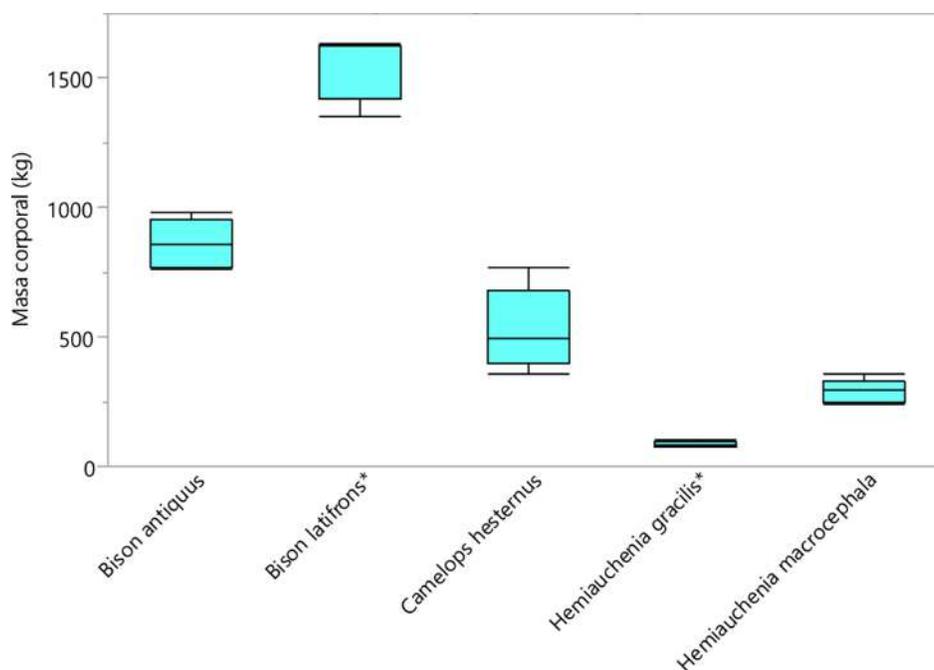


Figura 11. Distribución de las masas corporales inferidas en kg de los representantes de las familias Bovidae (*Bison antiquus* y *B. latifrons*) y Camelidae (*Camelops hesternus*, *Hemiauchenia gracilis* y *H. macrocephala*) del yacimiento LC-PT. Los taxones con asterisco son aquellos que se infirieron a partir de material de la literatura.

Se presentan las tallas máximas, medias y mínimas del orden Cetartiodactyla en la **Tabla 11**.

**Tabla 11. Masas corporales inferidas del orden Cetartiodactyla.**

Taxón	Talla mínima (kg)	Media o único individuo (kg)	Máxima (kg)
<i>Capromeryx minor</i> Taylor, 1911	10	11.5	13
<i>Tetrameryx shuleri</i> Lull, 1921	44	48.5	53
<i>Stockoceros conklingi</i> Stock, 1930		66	
<i>Platygonus compressus</i> LeConte, 1848	55	69	80
* <i>Odocoileus virginianus</i> (Rafinesque, 1817)	34	54	77
<i>Odocoileus hemionus</i> (Zimmerman, 1780)	113	148	192
<i>Bison antiquus</i> Leidy, 1825	762	861	981
<i>Bison latifrons</i> (Harlan, 1825)	1352	1558	161
<i>Camelops hesternus</i> Leidy, 1873	358	529	770
<i>Hemiauchenia macrocephala</i> (Cope, 1893)	239	292	357
<i>Hemiauchenia gracilis</i> Meachen 2005	77	87	102

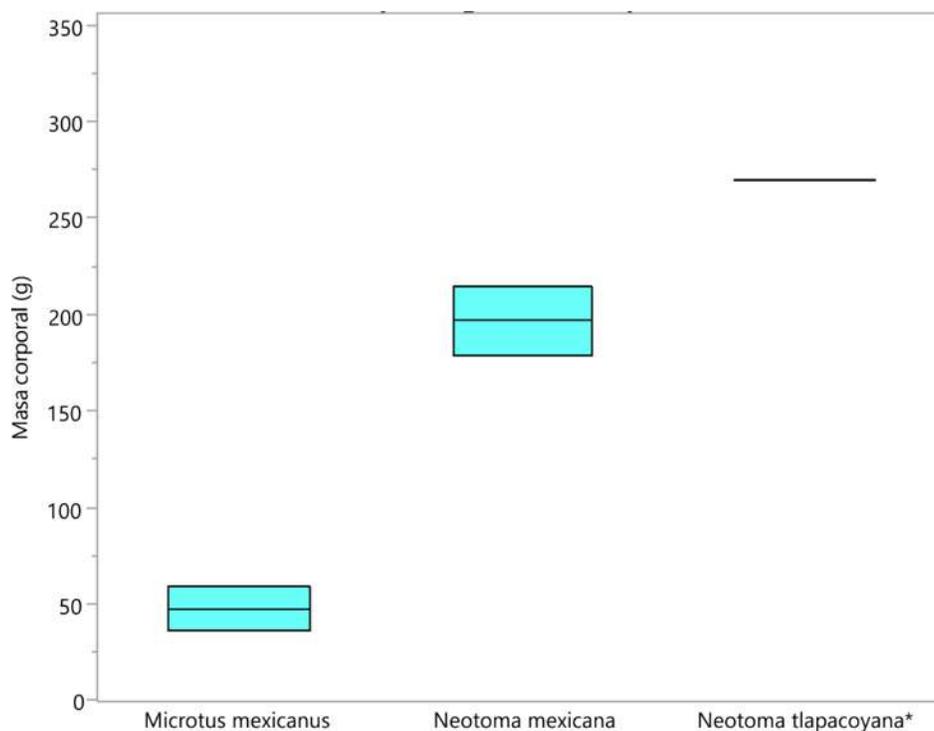
\**O. virginianus* presenta un valor atípico de 97 kg.

## **Orden Rodentia y Eulipotyphla**

La mayoría de las masas corporales del orden Rodentia y Eulipotyphla del yacimiento LC-PT se obtuvieron de la literatura, ya que algunos taxones no cuentan con las piezas requeridas. Las tallas de los taxones *Cryptotis parva*, *Sigmodon hispidus*, *S. alleni*, *S. leucotis*, *Microtus quasiater*, *Neotoma albigula*, *N. palatina*, *Ictidomys mexicanus*, *Thomomys umbrinus*, *Cratogeomys fumosus* y *C. castanops* (**Tabla 12**) fueron obtenidas de Ceballos (2014). Se pudo inferir la masa corporal de *Neotoma mexicana*, *Neotoma tlapacoyana*, *Microtus mexicanus* (**Figura 12**) y *Neochoerus aesopi* (**Anexo 1 Tabla 10**).

**Tabla 12. Masas Corporales inferidas y obtenidas de la literatura del Orden Rodentia y Eulipotyphla del yacimiento LC-PT. Con asterisco se encuentran aquellos taxones de los cuales se infirió la masa corporal por medio de material de LC-PT. Con doble asterisco (\*\*) se encuentran los taxones estimados a partir de medidas provenientes de la literatura especializada.**

Taxón	Promedio masa corporal (g)	Referencia
<i>Cryptotis parva</i> (Say, 1823)	<b>5</b>	Ceballos, 2014
<i>Microtus quasiater</i> (Coues, 1874)	<b>28</b>	Ceballos, 2014
* <i>Microtus mexicanus</i> (Saussure, 1861)	<b>48</b>	Este trabajo
<i>Thomomys umbrinus</i> (Richardson, 1829)	<b>110</b>	Ceballos, 2014
<i>Sigmodon leucotis</i> Bailey, 1902	<b>113</b>	Ceballos, 2014
<i>Sigmodon hispidus</i> Say & Ord, 1825	<b>168</b>	Ceballos, 2014
<i>Neotoma albigula</i> Hartley, 1894	<b>173</b>	Ceballos, 2014
<i>Sigmodon alleni</i> Bailey, 1902	<b>181</b>	Ceballos, 2014
* <i>Neotoma mexicana</i> Baird, 1855	<b>197</b>	Este trabajo
<i>Neotoma palatina</i> Goldman, 1905	<b>198</b>	Ceballos, 2014
<i>Ictidomys mexicanus</i> (Erxleben, 1777)	<b>248</b>	Ceballos, 2014
** <i>Neotoma tlapacoyana</i> (Álvarez y Hernández-Chávez, 1994)	<b>270</b>	Este trabajo
<i>Cratogeomys castanops</i> Baird, 1852	<b>300</b>	Ceballos, 2014
<i>Cratogeomys fumosus</i> Merriam, 1892	<b>640</b>	Ceballos, 2014
<i>Neochoerus aesopi</i> Leidy, 1853	<b>142 Kg</b>	Este trabajo



**Figura 12. Masas corporales inferidas en gramos para *Microtus mexicanus*, *Neotoma mexicana* y *Neotoma tlapacoyana* del yacimiento LC-PT. Marcado con asterisco la masa corporal inferida a partir de medidas de la literatura.**

Se obtuvo un promedio de 197 g para *N. mexicana*, es una estimación muy cercana a la talla actual del organismo que ronda entre 151-253 g (Ceballos, 2014). Para *M. mexicanus* se obtuvo promedio 48 g, que es 5 g mayor que el máximo reportado para la actualidad (43 g), (Ceballos, 2014).

Para estimar la talla de *N. tlapacoyana* se utilizaron las medidas reportadas del m1 en la literatura (Álvarez y Hernández-Chávez, 1994) ya que el material de este taxón del yacimiento LC-PT no corresponde a la pieza necesaria. Se estimó una masa corporal de 270.12 g, similar a la talla que presentan algunas especies del género *Neotoma* como *N. macrotis* (184-358 g), *N. micropus* (200-317 g) y *N. phenax* (188-279 g) (Ceballos, 2014).

Para el roedor hidroquerino *Nechoerus aesopi* (**Anexo 1 Tabla 10**) se obtuvo una talla estimada en 142 kg, similar a lo inferido por otros autores para el género *Nechoerus* (150 kg), (Fariña, 1996); (110 kg), (Lambert y Holling, 1998).

A pesar de que se cuenta con piezas útiles para la inferencia de la masa corporal de *Sigmodon hispidus*, se prefirió utilizar lo reportado en la literatura ya que la ecuación de predicción de Legendre (1986) para mamíferos menores a 500 g lo subestiman en una talla de 30-54 g (**Anexo 1 Tabla 11**), mientras que en la literatura se reporta una talla mínima de 110 g y una talla máxima de 225 g para este taxón (Ceballos, 2014).

## **Orden Lagomorpha**

Las masas corporales de este orden fueron obtenidas de la literatura (**Tabla 13**) (Ceballos, 2014). Las ecuaciones de predicción de Legendre (1986) para mamíferos mayores a 500 g (**Tabla 4**) y herbívoros (**Tabla 2**) subestiman la masa corporal de *Sylvilagus cunicularius* por debajo del mínimo de 1.8 kg y máximo de 2.3 kg reportado en la literatura (Ceballos, 2014). La pieza UM1331 corresponde a un m1 izquierdo fragmentado en su talónido (Fernández-Duarte, 2019), este defecto no afecta para obtener las medidas requeridas para las ecuaciones, sin embargo, estiman al organismo del yacimiento en 308.57 g y 355.96 g.

**Tabla 13. Masas corporales de los representantes del orden Lagomorpha de LC-PT.**

<b>Taxón</b>	<b>Masa corporal (kg)</b>	<b>Referencia</b>
<i>Sylvilagus floridanus</i> (J. A. Allen, 1890)	<b>1.4</b>	Ceballos, 2014
<i>Azlanolagus agilis</i> Russell & Harris, 1986	<b>2</b>	Smith <i>et al.</i> , 2003
<i>Sylvilagus cunicularius</i> (Waterhouse, 1848)	<b>2</b>	Ceballos, 2014
<i>Lepus</i> cf. <i>Lepus alleni</i> (Mearns, 1890)	<b>4.5</b>	Ceballos, 2014

## Cenogramas

### Cenograma de LC-PT, Michoacán-Guanajuato.

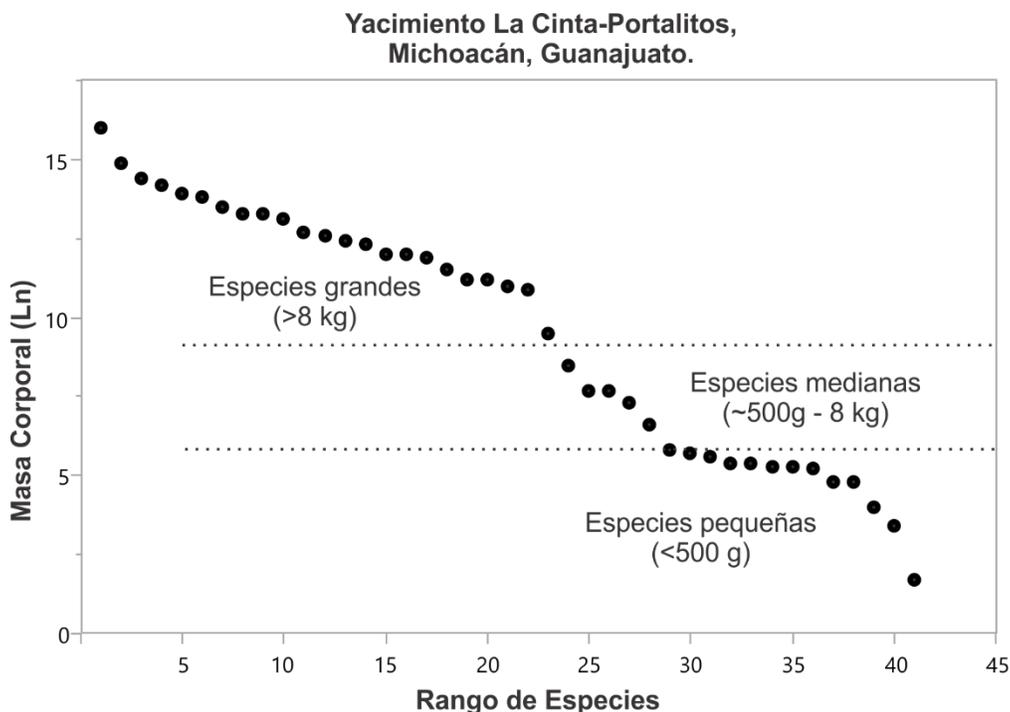


Figura 13. Cenograma del yacimiento de La Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato. El cenograma presenta tres partes (de derecha a izquierda); la pendiente de las especies pequeñas (<500 g), separado con líneas punteadas se muestra la pendiente de las especies medianas (~500 g-8kg) y por último la pendiente de las especies grandes (> 8 kg), las masas corporales (eje y) están transformadas a logaritmo natural (Ln).

Para la interpretación se requiere seguir las siguientes reglas desarrolladas por Legendre (1986): 1, Comunidades de ambientes abiertos mostrarán una brecha en la pendiente de las especies medianas a pequeñas (~500 g-8 kg). 2, La pendiente generada por las especies grandes (>8 kg) es más pronunciada en ambientes áridos y nivelada en ambientes húmedos. 3. La pendiente de especies pequeñas (<500 g) es más pronunciada en ambientes fríos que en ambientes cálidos.

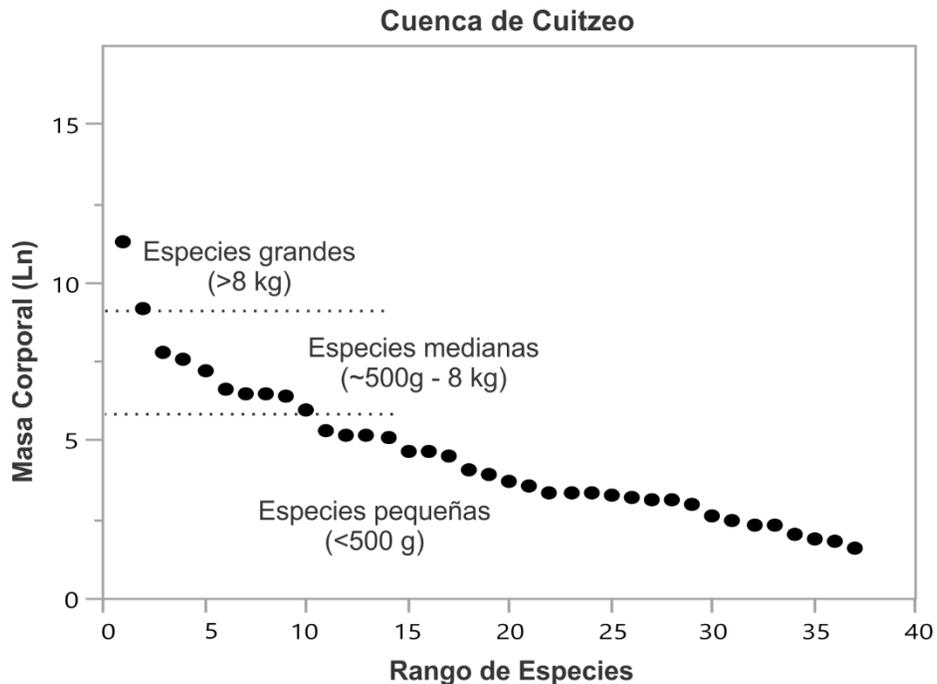
La pendiente generada por las especies pequeñas (>500 g, **Figura 13**) inicia (observando de derecha a izquierda) de forma empinada y se nivela a una posición casi horizontal. La primera parte de esta pendiente se compone de los taxones más pequeños recuperados del yacimiento LC-PT: *Cryptotis parva*, *Microtus mexicanus* y *Microtus quasiater*. Se observa una brecha entre *C. parva* y *M. quasiater* que va de 5 g a 43 g (1.6-3.3 en Ln). Los siguientes taxones corresponden a los géneros *Sigmodon*, *Neotoma*, *Thomomys*, *Ictidomys* y *Cratogeomys* que se mantienen

sucesivos en talla (110-300 g), hay una pequeña brecha (300 a 650 g, 5.7-6.5 en Ln) entre el último taxón de las especies pequeñas (<500 g) y la pendiente de las especies medianas (~500 g-8 kg). Tomando en cuenta las reglas empíricas de Legendre (1986) y la forma que toma la pendiente, se infiere un ambiente templado.

La pendiente generada por los taxones medianos (~500-8 kg, **Figura 13**) se observa una distribución discontinua de tallas que genera un cambio abrupto y brechas notables en la pendiente. Las especies medianas que conforman este escalonamiento en su mayoría son del orden Lagomorpha: *Lepus* cf. *Lepus alleni*, *Sylvilagus cunicularius*, *Sylvilagus floridanus*, *Azlanolagus agilis* y un roedor de la familia Geomyidae; *Cratogeomys fumosus*. Del último taxón de las especies pequeñas al primero de la pendiente de especies grandes (>8 kg) se genera una brecha de 4.5 kg a 11.5 kg (8.4 a 9.4 en Ln). La presencia de estas brechas sugiere que en LC-PT existía apertura en la vegetación.

La pendiente de las especies grandes (>8 kg, **Figura 13**) contiene a los órdenes que componen la megafauna: Cetartiodactyla, Cingulata, Perissodactyla, Pilosa, Proboscidea y un representante del orden Rodentia (*Nechoerus aesopi*). Esta pendiente inicia con una brecha entre los taxones *Capromeryx minor* y *Tetrameryx shuleri* (11.5 kg a 48.5 kg, 9.4 a 10.8 Ln), se nivela a partir de *T. shuleri* y vuelve a existir un hiato en masas corporales entre el *Mammuthus columbi* y *Cuvieronius hyodon*. Siguiendo las reglas de Legendre (1986) se infiere que LC-PT era un ambiente mésico, en un equilibrio de humedad.

## Cenograma de la cuenca de Cuitzeo



**Figura 14.** Cenograma de la cuenca de Cuitzeo. De derecha a izquierda: la pendiente de las especies pequeñas (<500 g), marcado con líneas punteadas la brecha o pendiente de las especies medianas (~500 g-8kg) y por último la pendiente de las especies grandes (> 8 kg).

El cenograma de la cuenca de Cuitzeo (**Figura 14**) representa un ambiente templado subhúmedo. Los tipos de vegetación presentes actualmente en la zona son: bosque de pino, bosque de encino, bosque espinoso, bosque de galería, matorral subtropical y selva baja caducifolia (Silke *et al.*, 2010). Además, existe importante heterogeneidad de hábitats alrededor del lago, existiendo zonas rocosas, playas, lodazales, vegetación ribereña, pastizal halófilo, humedales y zonas con tulares (Monterrubio-Rico *et al.*, 2019).

Se aprecia que la pendiente de las especies pequeñas (<500 g) infiere un ambiente templado. Las especies medianas muestran brechas similares al yacimiento LC-PT, pero hay un continuo de las masas corporales en las especies pequeñas y medianas que no modifica la dirección de la pendiente, esto nos habla de un ambiente cerrado y las brechas sobre la heterogeneidad de hábitats de la cuenca.

La fauna grande sólo está representada por 2 taxones; *Odocoileus virginianus* y *Dasypus novemcinctus*, se interpretaría como aridez en el ambiente, aunque hay que tener en cuenta que en el territorio mexicano existe una escasez de mamíferos herbívoros grandes (orden Cetartiodactyla y Perissodactyla) para el centro de México, ahora restringidos al norte y al sur del país (Ceballos, 2014; Bravo-Cuevas y Jiménez-Hidalgo, 2018).

## Cenogramas de ambientes abiertos y cerrados

Se construyeron los siguientes cenogramas de vegetación abierta (**Figura 15**) que representan vegetación arbustiva mediterránea (**1. Doñana National Park**), sabana semi-árida leñosa (**2. Transvaal, Sudáfrica**), tundra (**3. Península de Seward, Alaska**), matorral xerófilo (**4. Reserva de la Biósfera Mapimí, México**) y Sabana estacional leñosa (**5. Fondo Pecuario Masaguara, Venezuela**).

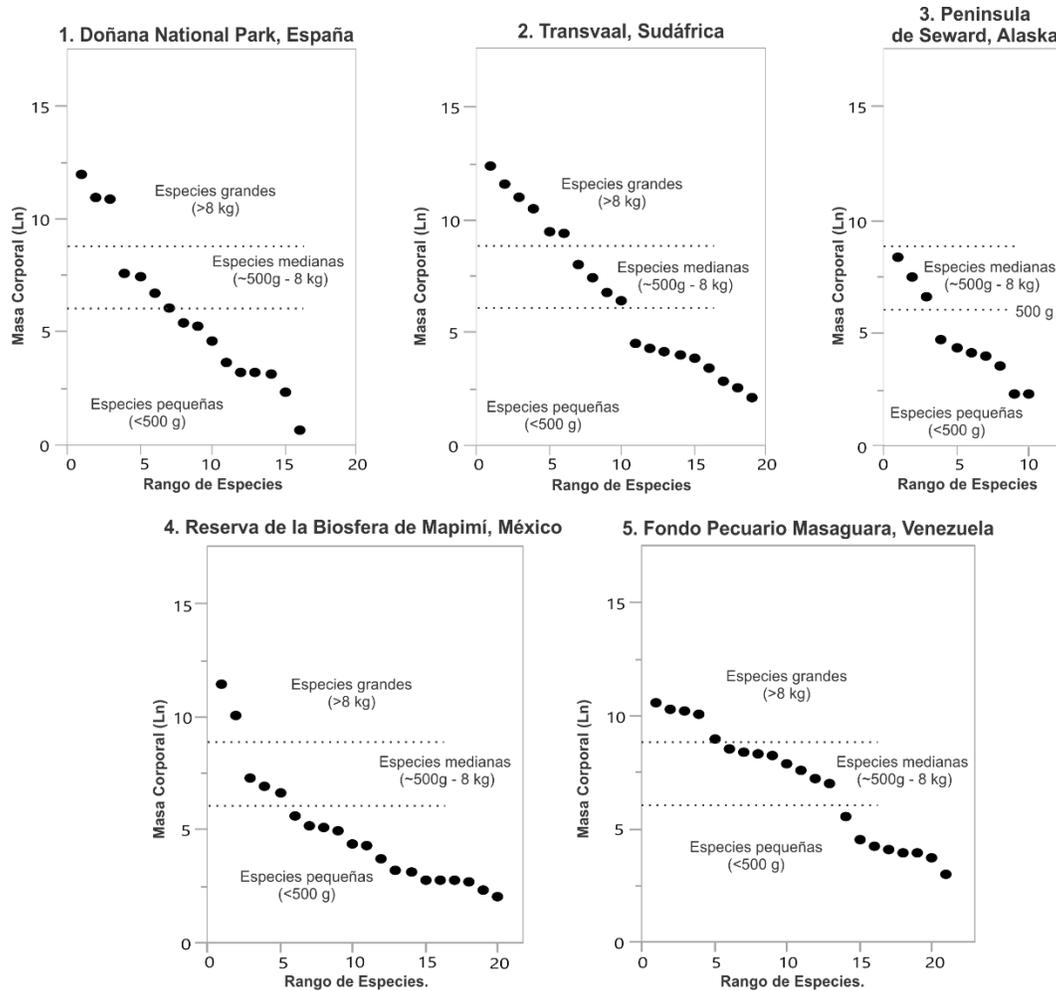
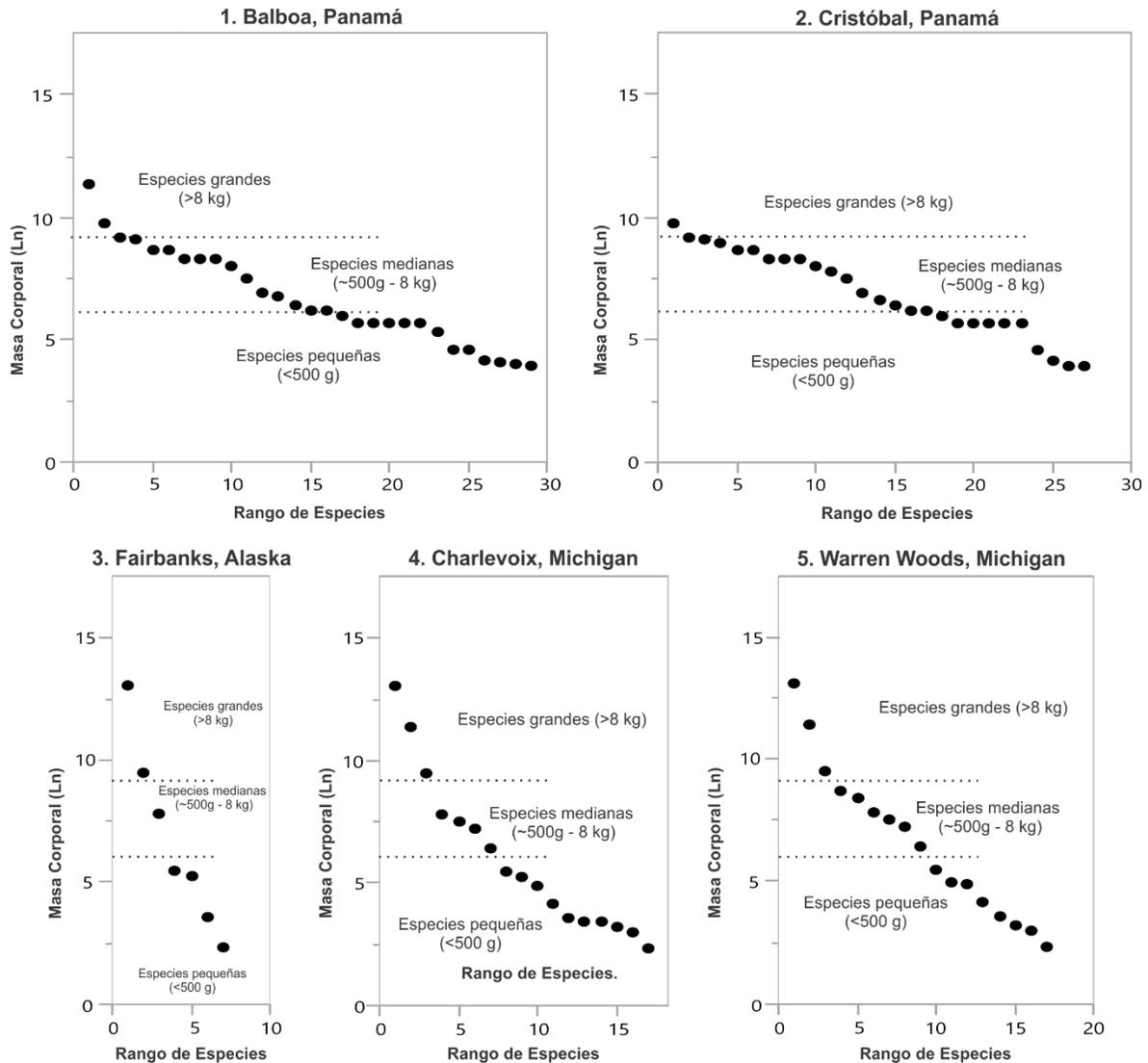


Figura 15. Cenogramas de vegetación abierta de localidades actuales.

Se construyeron los siguientes cenogramas de vegetación cerrada (**Figura 16**) representan los siguientes tipos de vegetación: Bosque tropical seco (**1. Balboa, Panamá**), bosque tropical húmedo (**2. Cristóbal, Panamá**), bosque boreal de picea blanca y abedul (**3. Fairbanks, Alaska**), bosque templado caducifolio mixto (**4. Chalevoix, Michigan**) y bosque deciduo de haya y maple (**5. Warren Woods, Michigan**).



**Figura 16. Cenogramas de vegetación cerrada de localidades actuales.**

### ***Cenogramas de localidades del Pleistoceno tardío de América del Norte.***

Los siguientes cenogramas corresponden a localidades del Pleistoceno tardío del oeste (Rancho La Brea, **Figura 17**) y este (Ichetucknee River, **Figura 18**) del continente norteamericano.

Gracias a evidencia paleobotánica se sabe que Rancho La Brea (**Figura 17**) durante el Pleistoceno presentaba un clima más frío y húmedo que en la actualidad (Warter. 1976; Kurten y Anderson, 1980; Akersten *et al.*, 1983). La vegetación de Rancho La Brea era heterogénea presentando chaparral, chaparral costero, vegetación riparia, bosque mixto siempre verde y bosque de secuoya (Stock, 1992).

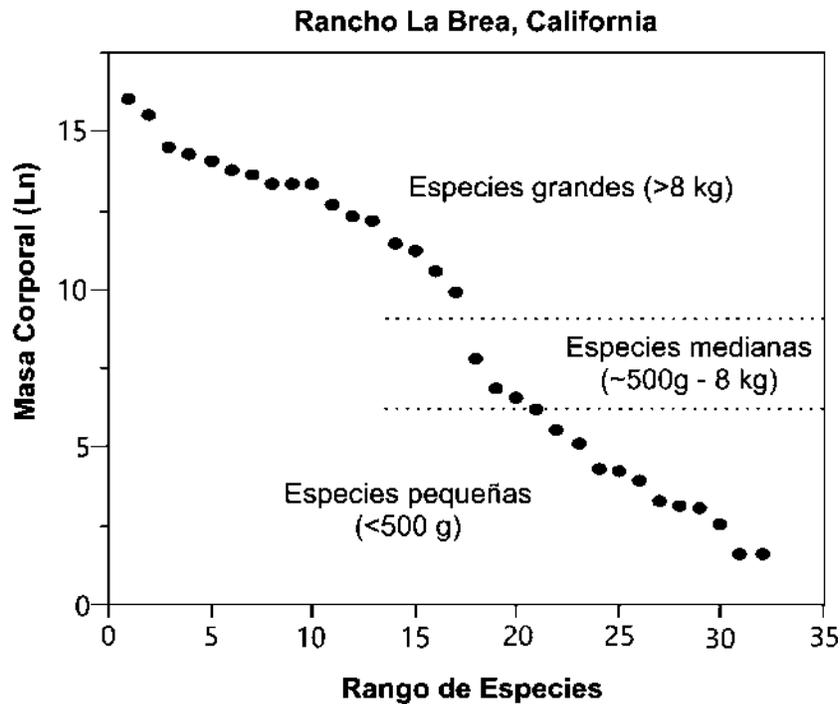
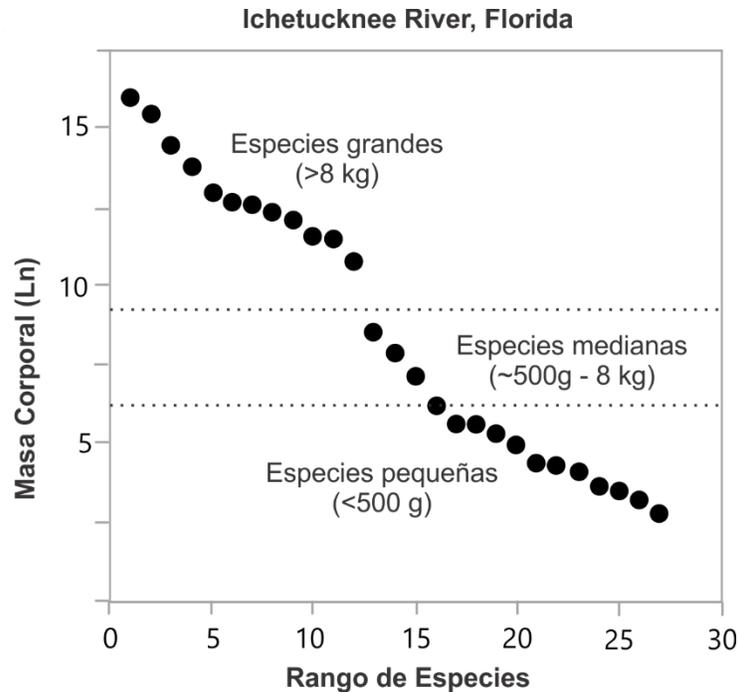


Figura 17. Cenograma de Rancho La Brea, California.

El ambiente de Ichetucknee River (**Figura 18**) ha sido inferido a partir de la fauna recuperada. La ocurrencia de mamíferos con preferencias de bosque y ambientes abiertos indica que la región durante el Pleistoceno tardío abarcaba un paisaje complejo que no era uniformemente abierto o cerrado (Webb, 1974; Lambert y Holling, 1998;).



**Figura 18. Cenograma de Ichetucknee River, Florida.**

## Discusión

### Nuevos registros para el yacimiento LC-PT.

De los taxones incluidos en la **Tabla 5**, el orden Cingulata no ha sido reportado formalmente; pero sí se cuenta con material ya identificado e ingresado a la colección del Laboratorio de Paleontología de la Facultad de Biología de la UMSNH, correspondiente a osteodermos de las especies *Glyptotherium cylindricum*, *Holmesina septentrionalis* y *Pampatherium mexicanum*.

Del orden Lagomorpha el material del género *Lepus* corresponde a una tibiofíbula fragmentada en su porción proximal (**UM133**). Esta pieza se comparó con material de las especies *Lepus callotis*, *L. flavigularis*, *L. californicus* y *L. alleni* depositados en el Laboratorio de Arqueozoología M. en C. Ticul Álvarez Solórzano del INAH CDMX. La pieza presenta similitudes con las especies *L. californicus* y *L. alleni*: la diáfisis se ensancha en su porción media hacia su porción proximal, la epífisis distal es cuadrada, robusta y la faceta astragalar media es profunda. La pieza **UM133** presenta en su porción distal el maleolar lateral pronunciado y el punto de fusión fibular a la misma altura que *L. alleni* por lo que se asigna como *Lepus* cf. *alleni*.

Se reporta como nuevo registro del orden Proboscidea a la familia Gomphotheriidae y la especie *Cuvieronius hyodon*, del cual se han recuperado numerosos fragmentos de molares (sin número de colección) y una porción distal de tibia (**UM2171**). En el caso de los molares existen fragmentos de cúspides simples sin desgaste que muestran un esmalte grueso, algunas piezas presentan desgaste en forma de trébol o trifolios (Jiménez-Hidalgo y Pérez-Cruz, 2014). La tibia se diferencia de la de *Mammuthus columbi* en tamaño y de *Mammut americanum* al presentar una epífisis redondeada en lugar de cuadrada (Tapia-Ramírez *et al.*, 2013).

En el caso de los carnívoros existen dos nuevos registros para el yacimiento LC-PT, *Leopardus pardalis* y *Tremarctos floridanus*. El material correspondiente a *L. pardalis* es un canino incompleto inferior (**UM2212**), la pieza presenta morfología

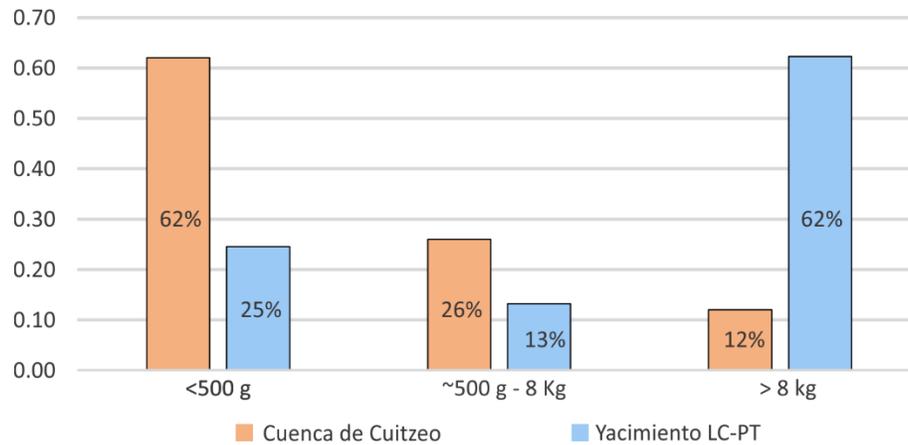
y tamaño similar a la del gato doméstico (*Felis silvestris catus*); la corona es curva y puntiaguda; la faceta labial presenta un surco vertical y la porción lingual presenta un surco vertical menos marcado (Sanderson y Watson, 2011). La pieza se comparó con las especies *Herpailurus jaguaroundi*, *Leopardus pardalis* y *L. wiedii* depositadas en el Laboratorio de Arqueozoología M. en C. Ticul Álvarez Solórzano del INAH CDMX. El canino inferior (**UM2212**) concuerda con la forma curva y el tamaño de *Leopardus pardalis*.

El material de *Tremarctos floridanus* corresponde a un canino superior desgastado (**UM2199**). La pieza presenta una raíz curva en plano anteroposterior, sin curva lateral y menos pronunciada que en los caninos inferiores; además de un característico engrosamiento en la base (Hillson, 2005). La pieza no cuenta con la corona completa por desgaste de uso de manera similar a como lo presenta *Tremarctos ornatus* en individuos seniles (Stucchi y Figueroa, 2013), pero se pudo obtener el ancho de la base de la corona (12.4 mm) que está dentro del rango de medidas reportadas por Kúrten (1966) para *T. floridanus* (11.7-14.8 mm).

### **Interpretación del cenograma de LC-PT: comparación con ambientes actuales y fósiles**

Los taxones extintos del yacimiento LC-PT (**tabla 5**) representan el 52.8% (28 spp.) de la fauna reportada, el 47.2% (25 spp.) restante corresponde a taxones actuales presentes en el territorio mexicano, solo 14 especies que representan el 26.4% del ensamblaje mastofaunístico de LC-PT se encuentran presentes actualmente en el área de la Cuenca de Cuitzeo. Comparando a la fauna actual de la cuenca de Cuitzeo con la fauna reportada para el yacimiento pleistocénico LC-PT se asemejan (Índice de Sorensen) en un 27.2%.

Durante el Pleistoceno tardío LC-PT presentaba una dominancia de mamíferos de tallas mayores a 8 kg, en la actualidad la diversidad de mamíferos de la cuenca se encuentra representada por formas pequeñas que no rebasan los 8 kg (**Figura 19**).



**Figura 19. Proporción de tallas de los taxones que conforman la mastofauna actual de la cuenca de Cuitzeo (naranja) y el yacimiento pleistocénico LC-PT (azul).**

Los taxones actuales que conforman la pendiente de las especies pequeñas del cenograma de LC-PT (<500 g, **Figura 13**) se pueden encontrar en ambientes tanto abiertos como cerrados. Los roedores del género *Microtus* (*M. mexicanus* y *M. quasiater*) recuperados del yacimiento actualmente habitan en vegetaciones templadas como pastizales, bosques de encino, pino-encino, bosques de niebla y bosques de *Abies* (Hall y Cockrum, 1953; Hall y Dalquest, 1963; Ceballos y Galindo, 1984; Hoffmann y Koepl, 1985; León *et al.*, 1990). El género *Neotoma* es bastante plástico en hábitat, vive en bosque de pino, encino, matorral xerófilo, encinos arbustivos, bosque espinoso y pastizales (Ceballos y Galindo, 1984; López-Vidal y Álvarez, 1993; Ceballos, 2014).

Los roedores sigmodontinos presentes en el yacimiento también concuerdan con ambientes templados de zonas abiertas, *Sigmodon alleni* habita en bosques deciduos tropicales, bosque de pino-encino en pendientes cubiertas por lianas y arbustos además de zonas de ecotono templado-tropical (Baker, 1969; Shump y Baker, 1978), *S. leucotis* se encuentra restringido en ambientes dispersos de montaña como bosque de pino-encino, praderas y áreas rocosas (Ceballos y Galindo, 1984), *S. hispidus* actualmente tiene preferencia por ambientes dominados por pastos, áreas mixtas de arbustos-pastos y bosques tropicales semi perenes (Ceballos, 2014), un estudio de estos roedores en el yacimiento llevado a cabo por Cervantes-Barriga *et al.* (2021) infiere que el ambiente donde habitaron era

heterogéneo con pastizales, arbustos, un bosque y un cuerpo de agua, corroborando lo inferido anteriormente con los taxones de talla grande del orden Cetartiodactyla, Rodentia y Xenarthra (Eng-Ponce *et al.*, 2017a; Díaz-Sibaja *et al.*, 2018; Marín-Leyva *et al.*, 2019; Delgado-García, 2020).

La inferencia a partir de la pendiente de especies pequeñas (<500 g) de un ambiente templado se sostiene gracias a los análisis de isótopos estables de oxígeno llevados a cabo en la megafauna que sugieren una temperatura media anual de 15.1 °C (Díaz-Sibaja, 2018) que es 2.4 °C menor a la actual (17.5 °C) para la cuenca (Silke *et al.*, 2010). Las especies medianas del yacimiento LC-PT (500 g- 8 kg, **Figura 13**) que aún habitan en el territorio mexicano se encuentran en varios tipos de vegetación, por ejemplo, *Lepus alleni* se encuentra en bosques espinosos, mezquiales y pastizales (Leopold, 1965), *Sylvilagus cunicularius* habita en bosques deciduos y semidesiduos, en bosques de pino-encino con cobertura de zacatonal, pastizales, valles y montañas (Chapman y Ceballos, 1990; Cervantes *et al.*, 1992; Ceballos y Miranda, 2000). *Sylvilagus floridanus* es el taxon más flexible ya que puede habitar en varios tipos de ambientes que van desde valles, planicies, montañas con coníferas, bosques de encino, bosques tropicales, pastizales y matorral xerófilo (Nelson, 1907, 1909; Chapman y Ceballos, 1990;). La tuza *Cratoegomys fumosus* se puede encontrar en vegetaciones en altas elevaciones como bosques deciduos y bosques de pino-encino que contengan áreas descubiertas con suelos profundos, en cambio en bajas altitudes se le encuentra en zonas con suelos arenosos, con pastos y arbustos, evadiendo zonas con una densidad boscosa alta y suelos poco profundos (Ceballos, 2014). Las especies mencionadas a pesar de que actualmente se encuentran en varios tipos de vegetación concuerdan en que pueden coexistir en ambientes con pastizales y vegetación de matorral. Por lo que las brechas generadas en el cenograma de LC-PT (**Figura 13**) sugieren áreas abiertas en la vegetación, lo cual concuerda con la preferencia de hábitat de varios géneros reportados para el yacimiento.

Las especies grandes (>8 Kg, **Figura 13**) dada la inclinación de la pendiente y siguiendo las reglas de Legendre sugieren un ambiente méxico, en equilibrio de

humedad ambiental. El depósito del material fósil del yacimiento LC-PT ocurrió aproximadamente hace 24.05 Ka (Díaz-Sibaja, 2018) que corresponde al Último Máximo Glacial (Clark *et al.*, 2009). Durante el intervalo entre 35 a 18 Ka se reportan condiciones secas para el occidente y el oriente del lago de Cuitzeo (Caballero y Ortega, 1998) y una fase húmeda entre 23 a 18 Ka durante el UGM (Israde-Alcántara *et al.*, 2010). Relacionando esta información con lo obtenido del cenograma se sugiere que LC-PT este reflejando como eran las condiciones ambientales y de estructura vegetal durante la fase seca a la fase húmeda del paleolago de Cuitzeo.

El registro palinológico indica condiciones diluidas y ambientes profundos del cuerpo de agua durante el Pleistoceno tardío (Israde-Alcántara *et al.*, 2010), sustentado por el registro fósil de peces del yacimiento LC-PT que cuenta con 4 órdenes; Cypriniformes, Siluriformes, Atheriniformes y Cyprinodontiformes y 5 familias identificadas; Cyprinidae, Catostomidae, Ictaluridae y Goodeidae (De la Paz-Ruiz *et al.*, 2017). Cabe mencionar que la interpretación de un ambiente méxico coincide con los registros de anfibios (*Ambystoma* sp., *Lithobates* sp., *Agalichnys* sp. y *Rhinella* sp.) y reptiles (*Kinosternon* sp. y *Tamnophis* sp.) recuperados del yacimiento (Moreno-Flores, 2018).

Del yacimiento LC-PT se han recuperado taxones de hábitos semiacuáticos como *Neochoerus aesopi*, un roedor hidroquerino que se ha inferido que tenía los mismos hábitos de vida que su pariente actual el capibara (*Hydrochoerus* spp.) quien habita zonas de vegetación riparia, sabanas y vegetación de galería en América Central y Sudamérica (Moreira *et al.*, 2013). Otros taxones ligados al cuerpo de agua pertenecen al Orden Carnivora: *Lontra longicaudis* y *Procyon lotor*. La nutria tropical actualmente se encuentra en elevaciones que van desde el nivel del mar hasta los 1800 m.s.n.m. en zonas tropicales con vegetación riparia, de galería, bosques mesófilos, bosques lluviosos deciduos y semideciduos (Polechla *et al.*, 1987; Gallo, 1989). Los mapaches (*Procyon lotor*) actualmente se encuentran en una gran variedad de ambientes y tipos de vegetación, pero siempre están ligados a cuerpos de agua permanentes (Ceballos y Miranda, 1986).

Comparando el yacimiento LC-PT con los ambientes de vegetación abierta tienen en común la presencia de brechas entre las especies pequeñas a medianas, entre las especies medianas a grandes o ambas (**Figura 15**). En cambio, los ambientes con tipo de vegetación cerrada (**Figura 16**) muestran una pendiente continua entre las masas corporales de las especies pequeñas a medianas o como en el caso de Balboa, Cristóbal y Warren Woods donde las masas corporales de las especies medianas a grandes no presentan brecha alguna y forman un continuo en las masas corporales (**1, 2 y 5, Figura 16**).

La heterogeneidad de vegetación abierta/cerrada que presentaban las localidades de Rancho La Brea, California e Ichetucknee River, Florida (**Figuras 17 y 18**) y las similitudes de sus cenogramas con LC-PT (**Figura 15**) sugieren que el yacimiento era similar en estructura vegetal a estas localidades del Pleistoceno tardío. Si comparamos la mastofauna de LC-PT con estas localidades encontramos una similitud (índice de Sorensen) del 41% entre LC-PT y Rancho La Brea y una similitud del 29% entre Ichetucknee River y LC-PT. Las especies compartidas entre estas localidades y LC-PT corresponden a la megafauna y a los carnívoros.

La presencia de los carnívoros extintos *Smilodon fatalis*, *Panthera atrox* y *Aenocyon dirus* en LC-PT apuntan a la existencia de vegetación abierta y cerrada. Estudios de isótopos estables de carbono en esmalte de *S. fatalis*, llevados a cabo en individuos de Rancho La Brea, sugieren que consumía presas con dieta ramoneadora (C3), lo que es probable que el hábitat de este carnívoro estuviera dominado por plantas como vegetación arbustiva y arbolada. La presencia de restos fósiles de *P. atrox* en el yacimiento también sugieren un ambiente relativamente cerrado ya que se ha revelado que las presas que consumía por lo menos en Norteamérica eran mayormente ramoneadores (Trayler *et al.*, 2015). En cambio, la presencia de *A. dirus* sugiere la existencia de un ambiente abierto ya que sus valores de isótopos estables de carbono en esmalte dental caen dentro del rango de presas con dieta mixta C3/C4 (Desantis, 2018).

El registro polínico de elementos de vegetación templada, bosque de pino-encino, bosque de galería, vegetación halófila, además de elementos arbustivos

xéricos y algunos otros con requerimientos altos de humedad como helechos (Israde-Alcantara *et al.*, 2010) sugieren una alta heterogeneidad en la estructura vegetal. Con esta información, las inferencias de cenograma, de los taxones actuales y los estudios previos del yacimiento fosilífero se sugiere que LC-PT podría representar una estructura vegetal similar a las sabanas en ecotono con un bosque templado. Las sabanas son un tipo de estructura vegetal en las que existen plantas leñosas (ya sean del estrato arbustivo o arbóreo) que se encuentran esparcidas en competencia directa con los pastos, en donde éstos y las especies leñosas son antagonistas que usualmente se excluyen el uno al otro (Walter, 1984).

Actualmente, en América del Norte existe representación de sabanas en diferentes regiones que van desde la Florida subtropical, a la semiárida Texas, norte de México hasta el sur de Canadá. En México, los elementos arbóreos que forman manchones en estas sabanas están constituidos el género *Pinus*, *Quercus* en formas arbustiva o arbórea en zonas templadas y otros elementos como los mesquites (géneros *Acacia* y *Prosopis*) en las áreas más áridas del país (Fowler y Beckage, 2019). Un punto clave de estas sabanas americanas es que mantienen los remanentes de la megafauna, como ejemplo tenemos al bisonte americano (*Bison bison*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado bura (*O. hemionus*) y el wapití (*Cervus canadensis*), estos mamíferos han mantenido la estructura vegetal de estas sabanas al alimentarse de las especies leñosas y herbáceas (Campbell *et al.*, 1994; Fowler y Beckage, 2019).

La mastofauna de LC-PT cuenta con una gran variedad de megafauna del orden Cetartiodactyla, Cingulata, Perissodactyla, Proboscidea, Pilosa y Rodentia (García-Zepeda, 2006; Marín-Leyva, 2008, 2011, 2015, 2019; Plata-Ramírez, 2012; Díaz-Sibaja, 2013; Alberdi *et al.*, 2014; Gutiérrez-Bedolla, 2014; Eng-Ponce, 2018; Delgado-García, 2020) que pudo moldear la estructura vegetal tal como lo hace la megafauna actual en las sabanas tropicales. Un ejemplo lo podemos ver con los proboscidos actuales (*Loxodonta africana* y *Elephas maximus*) que moldean su hábitat al tumbar árboles tanto para alimentarse de éstos como para abrirse paso para ingerir componentes arbustivos o herbáceos (Laursen y Bekoff, 1978;

Shoshani y Eisenberg, 1982; Owen-Smith, 1988), quienes podrían ser homólogos en comportamiento a *Mammuthus columbi* y *Cuvieronius hyodon*, presentes en el registro fósil del yacimiento.

## Conclusiones

El estudio de la distribución de las masas corporales de la mastofauna de LC-PT junto con las inferencias previas en estudios de dieta y hábitat, aportan nuevos datos para un mejor entendimiento de la estructura vegetal que presentaba la paleocuenca de Cuitzeo durante el Pleistoceno tardío.

El yacimiento LC-PT presentaba una riqueza de mamíferos muy diferente a la que ostenta actualmente la cuenca de Cuitzeo. La defaunación ocurrida durante la extinción de la megafauna a finales del Pleistoceno redujo considerablemente los grupos de animales grandes mayores a 8 kg, siendo el orden Rodentia el dominante en la actualidad correspondiendo al 68% de la mastofauna terrestre de la cuenca.

Con base en la distribución de masas corporales de su mastofauna LC-PT presentaba una mayor similitud con los ambientes de vegetación abierta que los ambientes de vegetación cerrada, las especies medianas no forman una pendiente continua como en los ambientes cerrados y presenta una notoria brecha entre las especies medianas a grandes similar a otras localidades pleistocénicas de América del Norte como lo es Rancho La Brea, California e Ichetuknee River, Florida.

La inferencia de un ambiente méxico se puede relacionar a la etapa húmeda del lago durante el último máximo glacial, que corresponde al momento en el que la mastofauna habitó en el yacimiento. Las inferencias hechas a partir de la comparación visual del cenograma junto con la preferencia de hábitat de los taxones actuales presentes en el registro fósil e inferencias paleoambientales de la mastofauna extinta del yacimiento sugieren que el ambiente de LC-PT presentaba una estructura vegetal heterogénea y un clima del tipo templado, lo cual concuerda con los registros palinológicos obtenidos de núcleos del lago de Cuitzeo.

## Bibliografía Citada

- Akersten W.A., Shaw C. A., Jefferson G. T., 1983. **Rancho La Brea: status and future.** *Paleobiology* 9:211–7.
- Alberdi, M. T., Arroyo-Cabrales, J., Marín-Leyva, A. H., & Polaco, O. J. 2014. **Study of Cedral Horses and their place in the Mexican Quaternary.** *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(2), 221-237.
- Alberdi, M. T., Prado, J. L., y Ortiz-Jaureguizar, E. 1995. **Patterns of body size changes in fossil and living Equini (Perissodactyla).** *Biological Journal of the Linnean Society*, 54(4), 349-370.
- Álvarez, S. T., & Hernández-Chávez, J. J. 1994. **Estudio de los restos de Neotoma (Rodentia; Cricetidae) del Pleistoceno-Holoceno de Tlapacoya, Estado de México, México con descripción de dos nuevos taxa.** *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 7(2), 1-11.
- Andrews, P. 1996. **Palaeoecology and hominoid palaeoenvironments.** *Biological Reviews*, 71(2), 257-300.
- Anyonge, W., y Roman, C. 2006. **New body mass estimates for *Canis dirus*, the extinct Pleistocene dire wolf.** *Journal of Vertebrate Paleontology*, 26(1), 209-212.
- Baker, R.H. 1969. **Cotton rats of the *Sigmodon fulviventer* group.** *University of Kansas Publications, Museum of Natural History*, 51:177-232.
- Baruch, Z. 2005. **Vegetation–environment relationships and classification of the seasonal savannas in Venezuela.** *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 200(1), 49-64.
- Bravo-Cuevas, V. M., & Jiménez-Hidalgo, E. 2018. **Advances on the paleobiology of late Pleistocene mammals from central and southern Mexico.** *The Pleistocene, Geography, Geology and Fauna*, 277-313.
- Caballero, M., Ortega Guerrero, B., 1998, **Lake levels since about 40000 years ago at Lake Chalco, near Mexico City:** *Quaternary Research* 50, 69–79.
- Campbell, C., Campbell, I.D., Blyth, C.B., and McAndrews, J.H. 1994. **Bison extirpation may have caused aspen expansion in western Canada.** *Ecography* 17: 360–362.
- Ceballos, G. (Ed.). 2014. ***Mammals of Mexico.*** JHU Press.
- Ceballos, G., and A. Miranda. 1986. **Los Mamíferos de Chamela, Jalisco.** Manual de Campo, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ceballos, G., and A. Miranda. 2000. **Guía de Campo de los Mamíferos de la Costa de Jalisco, México.** Fundación Ecológica Cuixmala, A.C., México
- Ceballos, G., and C. Galindo. 1984. **Mamíferos Silvestres de la Cuenca de México.** Edit. Limusa, México.
- Cervantes, F.A., C. Lorenzo, J. Vargas, and T. Holmes. 1992. ***Sylvilagus cunicularius.*** *Mammalian Species*, 412:1-4.
- Cervantes-Barriga, R., Marín-Leyva, A. H., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Arroyo-Cabrales, J., Schaaf, P., & Cano-Camacho, H. 2021. **Taxonomy, diet and geographical provenance of fossil species of *Sigmodon* from west central Mexico during the late Pleistocene.** *PalZ*, 95(1), 145-161.
- Chapman, J.A., and G. Ceballos. 1990. **The cottontails.** Pp. 95-110, in: *Rabbits, Hares, and Pikas: Status Survey and Conservation Action Plan* (J.A. Chapman and J.E.C. Flux, eds.). IUCN, Gland, Switzerland.

- Christiansen, P. 1999. **What size were *Arctodus simus* and *Ursus spelaeus* (Carnivora: Ursidae)?** *Annales Zoologici Fennici* (pp. 93-102). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- Christiansen, P. 2004. **Body size in proboscideans, with notes on elephant metabolism.** *Zoological journal of the Linnean Society*, 140(4), 523-549.
- Christiansen, P., & Harris, J. M. 2005. **Body size of *Smilodon* (Mammalia: Felidae).** *Journal of Morphology*, 266(3), 369-384.
- Clark, P. U., Dyke, A. S., Shakun, J. D., Carlson, A. E., Clark, J., Wohlfarth, B., & McCabe, A. M. 2009. **The last glacial maximum.** *science*, 325(5941), 710-714.
- Corona, M. G., Vicente, A. M., & Novo, F. G. 1988. **Long-term vegetation changes on the stabilized dunes of Doñana National Park (SW Spain).** *Vegetatio*, 75(1-2), 73-80.
- De la Paz-Ruíz, U., R. Díaz-Sibaja, A. F. Guzmán, and M. L. García-Zepeda. 2017. **Peces fósiles de la Cinta-Portalitos (Michoacán-Guanajuato) y sus implicaciones paleoambientales, México.** *Paleontología Mexicana No. esp.* 2:35.
- Defleur, A. R., & Desclaux, E. 2019. **Impact of the last interglacial climate change on ecosystems and Neanderthals behavior at Baume Moula-Guercy, Ardèche, France.** *Journal of Archaeological Science*, 104, 114-124.
- Delgado-García, S. 2020. **La dieta y el hábitat de los camélidos del Pleistoceno tardío del Centro Occidente de México.** Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 96 pp.
- DeSantis L. R. G., 2018. **Dietary Ecology of Smilodon.** En; *Smilodon: The Iconic Sabertooth.* JHU Press. 153-170.
- Díaz-Sibaja, R. 2013. **Los rumiantes (Ruminantia: Bovidae y Cervidae) del Pleistoceno (Rancholabreano) en dos sitios del Centro-Occidente de México.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 216 pp
- Díaz-Sibaja, R. 2018. **Reconstrucción paleoambiental de dos yacimientos pleistocénicos (Rancholabreano) del centro-occidente de México con presencia de rumiantes fósiles.** Tesis de Doctorado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 174 pp
- Elizalde-Arellano, C., López-Vidal, J. C., Hernández-García, L., Landré, J. W., Cervantes-Reza, F., Morales-Mejía, F. M. & Alonso-Spilsbury, M. 2014. **Registro de presencia y actividades de algunos mamíferos en el Desierto Chihuahuense, México.** *Therya*, 5(3), 793-816.
- Eng-Ponce, J. 2018. **Perezosos (Xenarthra: Folivora) y capibaras (Rodentia: Hydrochoerinae) del yacimiento pleistocénico (Rancholabreano) de la Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 86 pp.
- Eng-Ponce, J., Díaz-Sibaja, R., García-Zepeda, M. L. y Arroyo-Cabrales, J. 2018. **Nuevos registros de *Smilodon*, *Puma* y *Arctodus* para el Rancholabreano de La Cinta-Portalitos, Mich-Gto.** Primer Simposio de Paleontología Sesión Centro-Norte. Zacatecas, Zacatecas, México.
- Eng-Ponce, J., R. Díaz-Sibaja, J. Arroyo-Cabrales, and M. L. García-Zepeda. 2017a. **Primer registro de musaraña (Soricidae) para el Pleistoceno tardío del Centro-Occidente de México.** *Paleontología Mexicana No. esp.* 2:43.
- Eng-Ponce, J., R. Díaz-Sibaja, A. H. Marín-Leyva, J. Arroyo-Cabrales, and M. L. García-Zepeda. 2017b. **Análisis preliminar de la dieta y el hábitat de *Nechoerus aesopi* (Caviidae, Hydrochoerinae) de la Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** *Paleontología Mexicana No. esp.* 2:42
- Fariña, R. A. 1996. **Trophic relationships among Lujanian mammals.** *Evolutionary Theory*, 11(2), 125-134.

- Fernández-Duarte, M. E. 2019. **Pequeños mamíferos del Rancholabreano de la zona norte del lago de Cuitzeo, Michoacán-Guanajuato, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 118 pp
- Fowler, N. L., & Beckage, B. (2019). **Savannas of North America.** *Savanna Woody Plants and Large Herbivores*, 123-150.
- Gallo, J.P. 1989. **Distribución y estado actual de la nutria o perro de agua (*Lutra longicaudus annectens* Major 1897) en la Sierra Madre del Sur, México.** Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García-Zepeda, M. L. 2006. **Nuovi dati Paleontologici dalla depressione lacustre di Cuitzeo Michoacán, México.** Tesis Doctoral. Università degli studi di Firenze, Italia. 115pp.
- Gómez-Cano, A. R., García-Yelo, B. A., & Hernández-Fernández, M. 2006. **Cenogramas, análisis bioclimático y muestreo en faunas de mamíferos: implicaciones para la aplicación de métodos de análisis paleoecológico.** *Estudios geológicos*, 62(1), 135-144.
- Grayson, D. K. 1993. **The desert's past. A natural prehistory of the Great Basin.** Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Gutiérrez-Bedolla, M. 2014. **La dieta y el hábitat de *Mammuthus columbi* (Falconer, 1857) en dos localidades del Pleistoceno tardío del Centro Occidente de México.** Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Hall, E.R., and E.L. Cockrum 1953. **A synopsis of the North American microtine rodents.** University of Kansas Publications, Museum of Natural History, 141:1-270.
- Hall, E.R., and W.W. Dalquest. 1963. **The mammals of Veracruz.** University of Kansas Publications, Museum of Natural History, 14:165-362.
- Hillson, S. 2005. **Teeth.** Cambridge university press.
- Hoffmann, R.S., and J.W. Koepl. 1985. **Zoogeography.** Pp. 84-115, in: *Biology of New World *Microtus** (R.H. Tamarin, ed.). Special Publication 8, American Society of Mammalogists.
- Huard, G. y Gareau, J. (Eds), 2018. **The Pleistocene; Geography, Geology, and Fauna. Origin, evolution, and geological history of earth.** Nova Science Publishers. 339 pp. ISBN 1536137294, 9781536137293.
- Israde Alcántara, I., Velázquez-Durán, R., Lozano García, M., Bischoff, J., Domínguez Vázquez, G., & Garduño Monroy, V. H. 2010. **Evolución paleolimnológica del lago Cuitzeo, Michoacán durante el Pleistoceno-Holoceno.** *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(3), 345-357.
- Janis, C. M. 1990. **Correlation of cranial and dental variables with dietary preferences in mammals: a comparison of macropodoids and ungulates.** *Memoirs of the Queensland Museum*, 28(1), 349-366.
- Jiménez-Hidalgo, E., & Carranza-Castañeda, O. 2010. **Blancan camelids from San Miguel de Allende, Guanajuato, Central México.** *Journal of Paleontology*, 84(1), 51-65.
- Jiménez-Hidalgo, E., & Pérez-Cruz, L. A. 2014. **Primer registro de *Cuvieronius* (Proboscidea: Gomphotheriidae) en el Pleistoceno del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, sur de México, algunas consideraciones sobre su taxonomía y distribución geográfica en México.** *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 31(3), 354-360.
- Kurtén B. 1966. **Pleistocene bears of North America: 1 Genus *Tremarctos*.** Spectacled bears. *Acta Zoologica Fennica* 117: 1-60.
- Kurtén, B. & Anderson, E. 1980. **Pleistocene mammals of North America.** Columbia University Press, New York.

- Lambert, W. D., y Holling, C. S. 1998. **Causes of ecosystem transformation at the end of the Pleistocene: evidence from mammal body-mass distributions.** *Ecosystems*, 1(2), 157-175.
- Laursen, L., & Bekoff, M. 1978. **Loxodonta africana.** *Mammalian Species*, (92), 1-8.
- Legendre, S., 1986. **Analysis of Mammalian Communities from the Late Eocene and Oligocene of Southern France.** *Paleovertebrata* 16:191– 212.
- León, L., A.L. Martínez, M.G. Torres, E.M. Figueroa, A.H. Flores, L. Garduño, B.M. González, M. Mayorga, A. Mata, E.A. Pérez, L. Ríos, M.S. Valencia, E.V. Contreras, and V. Villavicencio 1990. **Estudio faunístico preliminar de la zona de Ocuilan y sus alrededores, Estado de México y Morelos.** *Biología de Campo*, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F.
- Leopold, A.S. 1965. **Fauna Silvestre de México. Aves y Mamíferos de Caza.** Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.
- López-Vidal, J.C., and T. Álvarez. 1993. **Biología de la rata montera *Neotoma mexicana*, en la Michilía, Durango, México.** Pp. 185-195, in: *Avances en el Estudio de los Mamíferos de México* (R.A. Medellín and G. Ceballos, eds.). Publicaciones Especiales, Asociación Mexicana de Mastozoología, México.
- Lyman, R. L. 2013. **Taxonomic composition and body-mass distribution in the terminal Pleistocene mammalian fauna from the Marmes site, southeastern Washington State, USA.** *Paleobiology*, 39(3), 345-359.
- Marín-Leyva, A. H. 2008. **Especies de caballos (*Equus: Equidae*) del Pleistoceno tardío de la Cinta, Michoacán.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 102 pp
- Marín-Leyva, A. H. 2011. **Caballos del Pleistoceno y sus paleoambientes en dos cuencas de Michoacán, México.** Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 156 pp.
- Marín-Leyva, A. H. 2015. **Paleoecología de dos localidades del Pleistoceno tardío en el centro occidente de México derivada de tres especies de caballos del género *Equus*.** Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 169 pp.
- Marín-Leyva, A. H., Alberdi, M. T., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Schaaf, P., Arroyo-Cabrales, J., & Bastir, M. 2019. **Morfometría geométrica en elementos óseos postcraneales de los caballos del Pleistoceno tardío en México: implicaciones taxonómicas y ecomorfológicas.** *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 36(2), 195-206.
- Marín-Leyva, A. H., J. Arroyo-cabrales, M. L. García-zepeda, J. Ponce-Saavedra, P. Schaaf, V. A. Pérez-crespo, P. Morales-puente, E. Cienfuegos-alvarado, and M. T. Alberdi. 2016b. **Feeding ecology and habitat of Late Pleistocene *Equus* horses from west-central Mexico using carbon and oxygen isotopes variation.** *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 33:157–169.
- Martínez, J. N., & Sudre, J. 1995. **The astragalus of Paleogene artiodactyls: comparative morphology, variability and prediction of body mass.** *Lethaia*, 28(3), 197-209.
- McDonald, H. G. 2005. **Paleoecology of extinct xenarthrans and the Great American Biotic Interchange.** *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*, 45(4), 313-33.
- McMenamin, M. A. S., and S. M. Awramik. 1983. **Precambrian-Cambrian transition problem in western North America: Part II. Early Cambrian skeletonized fauna and associated fossils from Sonora, Mexico.** *Geology* 11:227–230.
- Meachen, J. 2005. **A new species of *Hemiauchenia* (Artiodactyla, Camelidae) from the Late Blancan of Florida.** *Florida Museum of Natural History Bulletin*, 45, 435-447.
- Merriam, J. C., y Stock, C. 1932. **The Felidae of Rancho La Brea (No. 422).** Carnegie institution of Washington.

- Miller, W. E. 1976. **Late Pleistocene vertebrates of the Silver Creek local fauna from north central Utah.** Great Basin Naturalist, 36(4), 1.
- Montellano-Ballesteros, M. 2002. **New Cuvieronius finds from the Pleistocene of central Mexico.** Journal of Paleontology, 76(3), 578-583.
- Monterrubio-Rico, T. C., Guido Lemus, D., Alanís-Gudiño, L., León-Paniagua, L., & Charre-Medellín, J. F. 2019. **Mamíferos silvestres de la cuenca de Cuitzeo, México.** Acta universitaria, 29.
- Montiel-Escobar, J., J. Librado-Flores, J. Salazar-Reyes, J. Bustamante-García, and E. Sánchez-Garrido. 1998. **Carta geológico-minera. Morelia E14-1, Michoacán, Estado de México y Guanajuato.** Escala 1:250,000.
- Moreira, J. R., Alvarez, M. R., Tarifa, T., Pacheco, V., Taber, A., Tirira, D. G. & Macdonald, D. W. 2013. **Taxonomy, natural history and distribution of the capybara.** In Capybara (pp. 3-37). Springer, New York, NY.
- Moreno-Flores, J.O. 2018. **Herpetofauna del pleistoceno tardío de La Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. pp 68.
- Murray, J. L., & Gardner, G. L. 1997. **Leopardus pardalis.** Mammalian species, (548), 1-10.
- Nelson, E.W. 1907. **Descriptions of new North American rabbits.** Proceedings of the Biological Society of Washington, 20:81-84.
- Nelson, E.W. 1909. **The rabbits of North America.** North American Fauna, 29:1-314.
- O'connor, T. G. 1992. **Woody vegetation-environment relations in a semi-arid savanna in the northern Transvaal.** S. AFR. J. BOT./S.-AFR. TYDSKR. PLANTKD., 58(4), 268-274.
- Owen-Smith, R. N. 1988. **Megaherbivores: the influence of very large body size on ecology.** Cambridge university press.
- Pérez-González. M., S. y Godínez-García, V. 2007, **“Pequeños Vertebrados Fósiles y la Bioestratigrafía de La Cinta, Michoacán y Portalitos, Guanajuato.”**, Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 100 pp.
- Plata-Ramírez, R. A. 2012. **Camellos Fósiles de La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana Michoacán y Guanajuato, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 70 pp.
- Polechla, P.J., P. Gallo, and F. Tovar. 1987. **Distribution, occupied habitat and status of the Neotropical river otter (*Lutra longicaudis annectens*) in the southern portions of Sierra Madre del Sur, Mexico.** 68 Reunión de la American Society of Mammalogists. Clemson University, Clemson, SC.
- Rodríguez, J. 1999. **Use of Cenograms in Mammalian Palaeoecology: A Critical Review.** Lethaia 32:331– 347
- Sanderson, J. G., & Watson, P. 2011. **Small wild cats: The animal answer guide.** JHU Press. 184 pp.
- Scott, E., & Cox, S. M. 2008. **Late Pleistocene distribution of *Bison* (Mammalia; Artiodactyla) in the Mojave desert of southern California and Nevada.** Geology and vertebrate paleontology of western and southern North America: contributions in honor of David P. Whistler. Edited by X. Wang and LG Barnes. Natural History Museum of Los Angeles County Science Series, 41, 359-382.
- Shoshani, J., & Eisenberg, J. F. 1982. **Elephas maximus.** Mammalian species.
- Shump, K.A., Jr., and R.H. Baker. 1978. **Sigmodon leucotis.** Mammalian Species, 96:1-2.
- Silke, C., Galicia, L., & Israde-Alcántara, I. 2010. **Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su Geografía y Entorno Socioambiental (1st ed.).** Morelia, Michoacán, México: Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

- Smith, F. A., Lyons, S. K., Ernest, S. M., Jones, K. E., Kaufman, D. M., Dayan, T., Marquet P. A., Brown J. H. y Haskell, J. P. 2003. **Body mass of Late Quaternary mammals: Ecological Archives** E084-094. *Ecology*, 84(12), 3403-3403.
- Sorkin, B. 2008. **A biomechanical constraint on body mass in terrestrial mammalian predators.** *Lethaia*, 41(4), 333-347.
- Stock, C. 1992. **Rancho La Brea: A record of Pleistocene life in California.** 7th ed. Revised by J.M. Harris. Science Series no.37. Los Angeles: Natural History Museum of Los Angeles County, 113 pp.
- Stucchi, M., & Figueroa, J. 2013. **Morfología cráneo-mandibular del oso andino *Tremarctos ornatus* (Carnivora: Ursidae).** *Therya*, 4(3), 485-509.
- Tapia-Ramírez, G., Guzmán, A. F., & Polaco, O. J. 2013. **Los gonfoterios (Proboscidea, Gomphotheriidae) de Colima, México.** *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 65(3), 591-607.
- Travouillon, K. J., Legendre, S., Archer, M., y Hand, S. J. 2009. **Palaeoecological analyses of Riversleigh's Oligo-Miocene sites: implications for Oligo-Miocene climate change in Australia.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 276(1-4), 24-37.
- Travouillon, K. J., y S. Legendre. 2009. **Using Cenograms to Investigate Gaps in Mammalian Body Mass Distributions in Australian Mammals.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 272:69– 84
- Trayler, R. B., Dundas, R. G., Fox-Dobbs, K., & Van De Water, P. K. 2015. **Inland California during the Pleistocene—Megafaunal stable isotope records reveal new paleoecological and paleoenvironmental insights.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 437, 132-140.
- Valverde, J. A. 1964. **Remarques sur la structure et l'évolution des communautés de Vertébrés terrestres I. structure d'une communauté II. Rapports entre prédateurs et proies.** *La Terre et la vie*.
- Warter JK. 1979. **Late Pleistocene plant communities: evidence from the Rancho La Brea Tarpits.** *Spec Publ Calif Native Plant Soc* 2:32–9.
- Webb SD. 1974. **Chronology of Florida Pleistocene mammals.** In: Webb SD, editor. *Pleistocene mammals of Florida.* Gainesville: University of Florida. p 5–31
- Yelo, G., Gómez Cano, A. R., Cantalapiedra, J. L., Alcalde, G. M., Sanisidro, O., Oliver, A., & Hernández Fernández, M. 2014. **Palaeoenvironmental analysis of the Aragonian (middle Miocene) mammalian faunas from the Madrid Basin based on body-size structure.** *Journal of Iberian geology*, 40(1), 129-140.

## **Capítulo 2. Inferencias Paleoclimáticas y de Vegetación del yacimiento La Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato.**

Joaquín Eng-Ponce<sup>1\*</sup>, María Luisa García-Zepeda<sup>1</sup>, Roberto Díaz-Sibaja<sup>1</sup>, Joaquín Arroyo-Cabrales<sup>2</sup>, Eduardo Mendoza-Ramírez<sup>3</sup>, Javier Ponce-Saavedra<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Laboratorio de Paleontología. Edif. R, 2°. Piso. Ciudad Universitaria. C. P.58060, Morelia, Michoacán. \*1027308f@umich.mx

<sup>2</sup> Laboratorio de Arqueozoología, M. en C. Ticul Álvarez Solórzano, Instituto Nacional de Antropología e Historia, C.P. 06060. México, CDMX. aromatu@hotmail.com

<sup>3</sup> Laboratorio de Análisis para la Conservación de la Biodiversidad, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ave. San Juanito Itzicuaró s/n, Col. Nueva Esperanza. C.P. 58330, Morelia, Michoacán. eduardo.mendoza@umich.mx

<sup>4</sup> Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz". Edif. B4 2°. Piso. Ciudad Universitaria. C.P. 58060, Morelia, Michoacán. javier.ponce@umich.mx

## **Resumen**

En este trabajo se reportan las inferencias paleoclimáticas y de vegetación de LC-PT hechas a partir del análisis de los atributos cualitativos y cuantitativos de la mastofauna. Para esto se utilizaron tres métodos de análisis de los atributos “taxon free” por medio de técnicas multivariadas y de regresión lineal múltiple: modelo bioclimático cualitativo y cuantitativo y análisis de diversidad ecológica. Se clasificó al yacimiento LC-PT como perteneciente a la zona climática tropical con lluvias en verano y se obtuvieron variables cuantitativas como la precipitación, temperatura media anual, temperatura máxima-mínima y duración de sequía/invierno. Si bien la zona climática a la que pertenece LC-PT sí corresponde a un régimen con lluvias en verano, las variables cuantitativas obtenidas no son coherentes con lo previamente obtenido del yacimiento. Las ecuaciones de regresión múltiple infieren un clima más cálido entre los 21 a 25 °C, precipitaciones entre 700-1000 mm, una nula duración del invierno y entre 6 a 7 meses de sequía. Para comprender qué variables son las que definen a LC-PT se usó el método de escalamiento multidimensional no métrico para interrelacionar las variables de las categorías masa corporal y taxonómica. Se observó que el yacimiento en efecto tiene relación con localidades dentro de la zona climática tropical con lluvias en verano, pero en el gradiente generado es muy distante, lo que hace entender que la fauna grande y la presencia de otros grupos taxonómicos hacen difícil la comparación de este yacimiento con localidades del viejo mundo aunque estas tengan representantes de la megafauna. Por último, se relacionó el registro polínico del lago de Cuitzeo con lo conocido para el Cinturón Volcánico Transmexicano durante el Pleistoceno. Se concluye que LC-PT presentaba un clima y vegetación heterogénea templada similar en estructura a las sabanas con un régimen de lluvias en verano.

**Palabras Clave:** Taxon free, análisis multivariado, zonas climáticas, modelo bioclimático, diversidad ecológica

## **Abstract**

In this work, we report the paleoclimatic and vegetation inferences made from the analysis of the qualitative and quantitative attributes of the mammal fauna of LC-PT. For this, three "taxon free" methods of analysis were used by means of multivariate techniques and multiple linear regression: qualitative and quantitative bioclimatic model and ecological diversity analysis. LC-PT was classified as belonging to the tropical climatic zone with rains in summer and quantitative variables such as precipitation, annual mean temperature, maximum-minimum temperature and duration of drought / winter were obtained. Although the climatic zone to which LC-PT belongs does correspond to a regime with rains in summer, the quantitative variables obtained are not consistent with what was previously obtained from the deposit. The multiple regression equations infer a warmer climate between 21 to 25 ° C, rainfall between 700-1000 mm, a null duration of winter and between 6 to 7 months of drought. To understand which variables define LC-PT, the non-metric multidimensional scaling method was used to interrelate the variables of the taxonomic and body mass categories. It was observed that the site is indeed related to localities within the tropical climatic zone with rains in summer, but in the generated gradient it is very distant, which suggests that the large fauna and the presence of other taxonomic groups make comparison difficult of this site with old world localities, although these have representatives of the megafauna. Finally, the pollen record of Lake Cuitzeo was related to what was known for the Transmexican Volcanic Belt during the Pleistocene. It is concluded that LC-PT had a temperate climate and heterogeneous vegetation similar in structure to savannas/parkland with a rainy regime in summer.

**KeyWords:** Taxon Free, multivariate analysis, climatic zone, bioclimatic model, ecological diversity.

## Introducción

El Pleistoceno fue una época en la que ocurrieron varios eventos climáticos donde hubo periodos fríos (glacial) y cálidos (interglaciares) (Prothero, 2006). La historia tectónica del territorio mexicano ha producido una gran diversidad de hábitats con una importante riqueza de vertebrados que junto con la posición intertropical del país favoreció el desarrollo de diferentes climas y comunidades de plantas del tipo tropical y xérico (González-Medrano, 1998; Montellano-Ballesteros y Jiménez-Hidalgo, 2006).

Durante el último máximo glacial la vegetación dominante en el territorio mexicano fueron arbustos espinosos tropicales, bosques y formaciones leñosas arbustivas en la mayoría del territorio mexicano, mientras que los desiertos subtropicales y pastizales estaban presentes en el norte y sur del país (Ray y Adams, 2001). La mayoría de las comunidades vegetales que comúnmente dominaban los hábitats durante el Pleistoceno tardío en México presentaban una alta heterogeneidad en su estructura que consistían en bosques y praderas (Bravo-Cuevas y Jiménez-Hidalgo, 2018).

La Cinta-Portalitos (LC-PT) es un yacimiento del Pleistoceno tardío que pertenece a la NALMA Rancholabreano del cual se han recuperado restos fósiles de un ensamblaje mastofaunístico diverso que incluye 9 órdenes, 25 familias, 42 géneros y 53 especies (García-Zepeda, 2006; Pérez-González y Godínez-García, 2007; Marín-Leyva, 2008, 2011, 2015; Plata-Ramírez, 2012; Díaz-Sibaja, 2013, 2018; Alberdi *et al.*, 2014; Gutiérrez-Bedolla, 2014; Cervantes-Barriga, 2015, 2018; Eng-Ponce *et al.*, 2017a; Eng-Ponce, 2018; Fernández-Duarte, 2019 y Delgado-García, 2020).

Mediante el estudio de algunos grupos taxonómicos del yacimiento se ha inferido para LC-PT un ambiente templado heterogéneo, más bien compuesto por praderas no dominadas por poaceas con manchones de bosque y arbustos (Díaz-Sibaja, 2018). Aun así, han sido pocas las inferencias paleoclimáticas relacionadas a la temperatura del ambiente y los niveles de precipitación que pudo presentar el yacimiento durante el Pleistoceno tardío.

El análisis de diversidad ecológica es un método que caracteriza a un ensamblaje faunístico en las categorías de masa corporal, hábitos alimenticios, adaptaciones locomotoras y categoría taxonómica (Fleming, 1973; Andrews *et al.*, 1979; Faith y Lee, 2019). Estos datos cualitativos se pueden utilizar con herramientas multivariadas como el análisis discriminante canónico (Afifi y Clark, 1996) o el escalamiento multidimensional no métrico (Guerrero-Casas y Ramírez-Hurtado 2012) para llevar a cabo inferencias paleoclimáticas y de vegetación.

El modelo bioclimático es una herramienta eficiente para el estudio de ambientes continentales del pasado (Hernández-Fernández, 2001; 2006a; Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2003). Este modelo emplea métodos multivariados para inferir la zona climática/zonobioma por medio de las preferencias de hábitat de los taxones reportados para una localidad fósil, junto con el modelo bioclimático cuantitativo permite mayor precisión en las inferencias climáticas y permite conocer las condiciones paleoambientales que registraron las comunidades del pasado (Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2005).

En este capítulo se reportan las inferencias paleoclimáticas y del tipo de vegetación utilizando las preferencias de hábitat y los atributos cualitativos de la mastofauna de LC-PT utilizando el modelo bioclimático y el análisis de diversidad ecológica, la información que se obtenga por medio de estos análisis servirá para reforzar el conocimiento existente del paleoambiente de este yacimiento.

## Material y Métodos

### Área de estudio

La Cinta-Portalitos (LC-PT) es un yacimiento fosilífero perteneciente al Pleistoceno tardío ubicado entre los municipios de Cuitzeo, Michoacán y Uriangato, Guanajuato en las coordenadas  $20^{\circ} 05' 09''\text{N}$  y  $101^{\circ} 09' 31''\text{O}$  (**Figura 1**). La edad del yacimiento se estima en 24.05 Ka con un máximo de ca. 35 Ka y un mínimo de 18 Ka (Díaz-Sibaja *et al.*, 2018), por lo que pertenece a la NALMA (North American Land Mammal Ages/Edades de Mamíferos Terrestres Norteamericanos) Rancholabreano corroborado por la presencia del género índice *Bison* y taxones restringidos a este lapso como: *Aenocyon dirus*, *Platygonus compressus*, *Panthera atrox* y *Megalonyx jeffersoni* (García-Zepeda, 2006; Díaz-Sibaja *et al.*, 2013; Eng-Ponce, 2018).

Actualmente la cuenca de Cuitzeo presenta un ambiente templado subhúmedo. Los tipos de vegetación presentes en la zona son: bosque de pino, bosque de encino, bosque espinoso, bosque de galería, matorral subtropical y selva baja caducifolia (Silke *et al.*, 2010). Además, existe importante heterogeneidad de hábitats alrededor del lago, existiendo zonas rocosas, playas, lodazales, vegetación ribereña, pastizal halófilo, humedales y zonas con tulares (Monterrubio-Rico *et al.*, 2019).

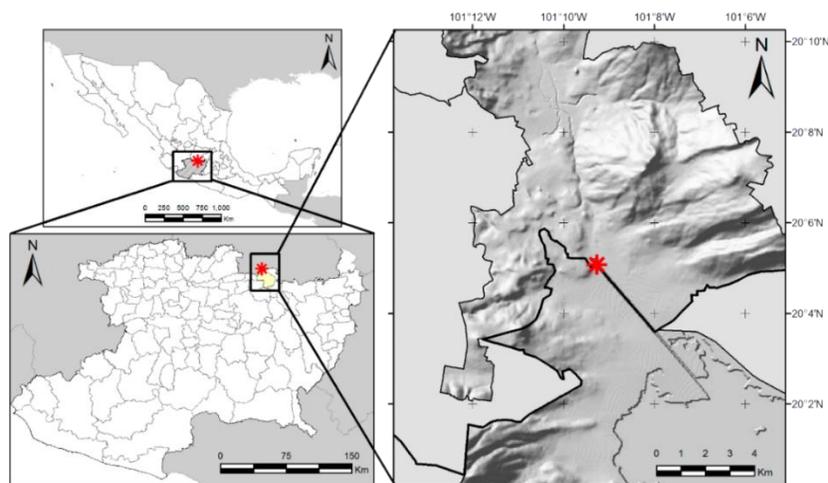


Figura 1. Ubicación del Yacimiento La Cinta-Portalitos (LC-PT), Michoacán-Guanajuato.

## Modelo Bioclimático cualitativo y cuantitativo

El modelo bioclimático cualitativo es un método de inferencia paleoambiental, que utiliza la caracterización de la fauna en un índice de restricción climática (**CRI**) para cada especie de mamífero con los cuales se obtienen los componentes bioclimáticos (**BC**) (Hernández-Fernández, 2001).

Este método hace uso de herramientas multivariadas, como el análisis discriminante canónico para poder clasificar comunidades de mamíferos a una de las zonas climáticas/zonobiomas de Walter (1970; 1984) que es una propuesta de clasificación de climas y tipos vegetación de todo el mundo (**Tabla 1, Figura 2**), seleccionada por el autor del método por tener una nomenclatura simple que coincide con los biomas tradicionales (Hernández-Fernández, 2001).

**Tabla 1. Tipos de zona climática y zonobioma (Walter, 1970, 1984; modificado por Hernández- Fernández, 2001).**

Zona Climática	Zonobioma (principalmente tipo de vegetación)
<p>I. Ecuatorial.</p> <p>II. Tropical con lluvias en verano.</p> <p>II/III Tropical semiárido de transición.</p> <p>III. Subtropical árido.</p> <p>IV. Lluvia invernal y sequía estival.</p> <p>V. Templado cálido.</p> <p>VI. Templado típico.</p> <p>VII. Templado árido.</p> <p>VIII. Templado frío (boreal).</p> <p>IX. Polar.</p>	<p>I. Selva tropical.</p> <p>II. Bosque tropical deciduo</p> <p>II/III. Sabana.</p> <p>III. Desierto subtropical.</p> <p>IV. Formaciones leñosas esclerófilas.</p> <p>V. Bosque Templado de hoja perene.</p> <p>VI. Bosque nemoral caducifolio de hoja ancha.</p> <p>VII. Estepa a desierto frío.</p> <p>VIII. Bosque boreal de coníferas (taiga).</p> <p>IX. Tundra.</p>

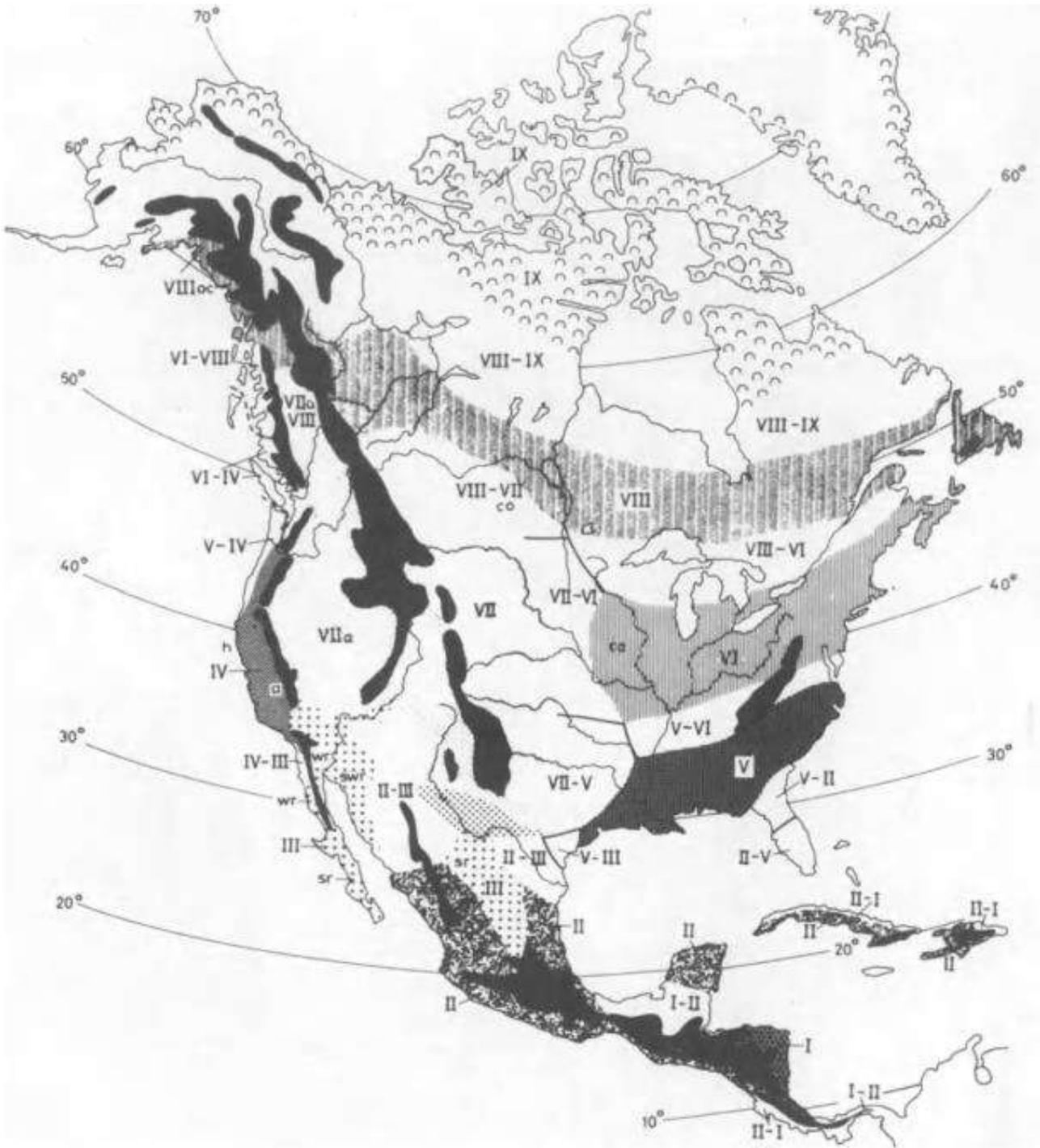


Figura 2. Zonas climáticas/Zonobiomas presentes en el continente norteamericano, tomado de Walter (1984).

Hernández-Fernández (2001) realizó una modificación a las zonas climáticas/zonobiomas utilizando el zonoecotono II/III (Transición a tropical semi-árido/ Sabana) como zona climática/zonobioma porque es tradicionalmente usada en paleoecología dada su comunidad faunística única.

Para caracterizar a los taxones extintos del yacimiento LC-PT se utilizaron las inferencias de mesodesgaste dental, isotopos estables de  $^{13}\text{C}$  y  $^{18}\text{O}$ , rango geográfico y actualismo biológico para poder clasificar a qué zonas climáticas/zonobiomas corresponden. Para atribuir un taxón a las zonas climáticas se requiere que más del 15% de su rango geográfico se encuentre dentro de la zona climática (Hernández-Fernández, 2001; Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2003).

Para obtener el rango geográfico de los taxones que se encuentren actualmente habitando en América del Norte se obtuvieron de Ceballos y Arroyo-Cabrales (2012), Ceballos (2014), UICN Red List of Threatened Species (<https://www.iucnredlist.org/>) y de la serie de publicaciones Mammalian Species de American Society of Mammalogists.

El rango geográfico de taxones extintos en América del Norte, en general, se obtuvo de bases de datos como Paleobiology Database (<https://paleobiodb.org>), FossilWorks (<http://fossilworks.org>) y literatura especializada (Kurtén y Anderson, 1980).

El rango geográfico de los taxones extintos en el territorio mexicano se obtuvo de diferentes fuentes. De toda la mastofauna pleistocénica en general se utilizó el trabajo de Ferrusquía-Villafranca (2010), para casos particulares y corroborando las distribuciones mencionadas en el trabajo de Ferrusquía se emplearon otras fuentes, tanto generadas por el Laboratorio de Paleontología de la Facultad de Biología, así como artículos científicos. Para los rumiantes (*Bison antiquus*, *B. latifrons*, *Capromeryx minor*, *Stockoceros conklingi*, *Tetrameryx shuleri*, *Odocoileus virginianus*, *O. hemionus*) se utilizaron los mapas que presenta Díaz-Sibaja (2018). Los registros del suborden Pilosa (*Paramylodon harlani*, *Nothrotheriops shastensis* y *Megalonyx jeffersonii*) y del roedor hidroquerino *Nechoerus aesopi* se obtuvieron

de Eng-Ponce (2018). La distribución de los proboscidios (*Mammuthus columbi* y *Cuvieronius hyodon*) provienen del trabajo de Arroyo-Cabrales *et al.*, (2007). En el caso de los carnívoros Cervantes-Barriga (2015) presenta un cuadro con los representantes del orden Carnivora en México durante el pleistoceno además de mapas con los registros de *Panthera atrox*, *Canis latrans*, *Aenocyon dirus*, *Procyon lotor* y *Lontra longicaudis*. La distribución de los taxones *Smilodon fatalis*, *Arctodus simus* y *Puma concolor* se obtuvieron del trabajo Eng-Ponce *et al.*, (2018). La distribución de algunos de los roedores presentes en el yacimiento LC-PT durante el pleistoceno (*Sigmodon hispidus*, *Microtus mexicanus*, *Neotoma mexicana*, *Thomomys umbrinus*, *Cratogeomys fumosus* y *C. castanops*) así como la distribución de los representantes del orden Lagomorpha (*Sylvilagus cunicularius*, *S. floridanus* y *Aztlanolagus agilis*) provienen del trabajo de Fernández-Duarte (2019). La distribución de *Harintonhippus francisci* se obtuvo de Alberdi *et al.*, (2014). Para los camélidos (*Camelops hesternus*, *Hemiauchenia macrocephala* y *H. gracilis*) se utilizaron los trabajos de Plata-Ramírez (2012) y Bravo-Cuevas *et al.*, (2012).

Las inferencias dietarias y de uso de hábitat de algunos taxones del yacimiento LC-PT se requirieron para clasificar a la zona climática/zonobioma y la categoría trófica a la que pertenecieron en el pasado. Las fuentes utilizadas son: Díaz-Sibaja (2018) y Díaz-Sibaja *et al.*, (2018) para los rumiantes; Eng-Ponce *et al.*, (2017b) para *Nechoerus aesopi*; Marín-Leyva (2016b) para los équidos; Marín-Leyva *et al.* (2019b) para los perezosos; Gutiérrez-Bedolla *et al.*, (2016) para *Mammuthus columbi* y Delgado-García (2020) para los camélidos del yacimiento.

Con el fin de clasificar a los taxones extintos a zonas climáticas/zonobiomas se requirió el uso de un mapa con la vegetación de América del Norte durante el último máximo glacial (Ray y Adams, 2001, **Figura 3**). Se relacionó la vegetación inferida con las zonas climáticas de Walter (1970, 1984) para poder clasificar los taxones.

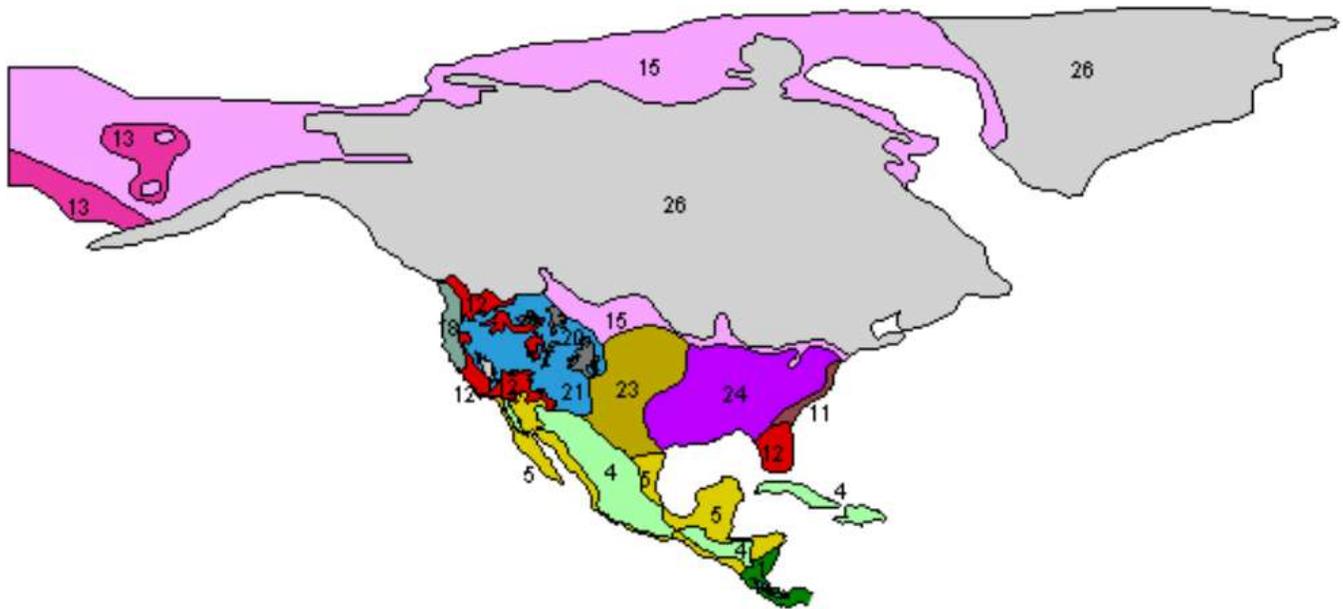


Figura 3. Vegetación de América del Norte durante el último máximo glacial (25,000-15,000) (Ray y Adams, 2001). Dónde: 1. Selva tropical (I), 4. Matorral y arbusto espinoso tropical (II, II/III), 5. Semi-desierto tropical (II/III, III) 11. Bosque abierto boreal (VI), 12. Bosque o matorral Templado Semi-árido (VI, VII), 13. Tundra (IX), 15. Desierto alpino o polar (VII), 18. Bosque estepario (VI, VII), 21. Parkland subalpino (VI, VII) 23. Pastizal templado estepario (VII) 24. Taiga (VIII), 26. Casquete glacial y otros hielos perpetuos (IX).

Para obtener el **CRI** la fórmula es la siguiente:

$$\text{CRI}_i = 1/n$$

Donde **n** es el número de zonas climáticas en las que habita el taxón e **i** corresponde a la zona climática, la suma del **CRI** para cada taxón debe dar 1. Los resultados se utilizarán para obtener los componentes bioclimáticos (**BC**).

**BC** es la representación en una localidad específica de cada uno de las 10 zonas climáticas/zonobiomas existentes (Hernández-Fernández, 2001; Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2003), este se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\text{BC}_i = (\sum \text{CRI}_i) 100/S$$

Dónde: **i** es la zona climática y **S** el número de especies para el yacimiento. Los valores del **BC** de una localidad constituyen su *Espectro Bioclimático*, generalmente el **BC** más alto de una localidad suele corresponder a la zona climática donde esta se

encuentra situada (Hernández-Fernández, 2001; Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2003).

Para llevar a cabo los análisis discriminantes se requirió calcular tres grupos de *Espectros Bioclimáticos* diferentes; toda la fauna excepto quirópteros, sólo roedores y mamíferos grandes (>1 kg). Esto con la intención de obtener tres aproximaciones que nos brinden mayor información sobre las variables paleoclimáticas del yacimiento LC-PT. Los mamíferos grandes suelen tener rangos geográficos mayores a los mamíferos pequeños (en este caso, los roedores) que nos puede inferir detalles más locales ya que están más adaptados a condiciones climáticas más específicas (Margalef, 1977; Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2005). Se utiliza a toda la fauna exceptuando al orden Chiroptera dado su alta movilidad geográfica (Rapoport, 1982; Hernández-Fernández, 2001) y la escasez que existe de este grupo taxonómico en este yacimiento fósil.

Se utilizó la base de datos con 50 localidades del mundo (**Anexo 2. Tablas 1, 2 y 3**) del trabajo de Hernández-Fernández (2005) para clasificar a una Zona Climática/Zonobioma y obtener las variables climáticas del yacimiento LC-PT, esta base incluye 5 localidades por cada zona climática.

Para obtener las variables climáticas cuantitativas se requirió del uso de ecuaciones de predicción (**Tablas 3, 4 y 5**) para cada uno de los espectros bioclimáticos obtenidos (toda la fauna excepto quirópteros, sólo roedores y mamíferos grandes). Las variables climáticas a obtener (**Tabla 2**) se eligieron porque guardan relación con el tipo de vegetación y su estructura (Walter, 1984). Los análisis discriminantes canónicos y los gráficos se llevaron a cabo en JMP 11 (SAS Institute, 2013) y modificados estéticamente en CorelDRAW 2020.

**Tabla 2. Variables climáticas a obtener.**

Variable Climática	Unidades
Temperatura Media Anual (T)	°C
Promedio de temperatura del mes más caliente (Tmax)	°C
Promedio de temperatura del mes más frío (Tmin)	°C
Duración del Invierno (DI)	Meses
Duración de Sequía (DS)	Meses
Precipitación Total Anual (P)	Milímetros (mm)

**Tabla 3. Ecuaciones de regresión múltiple utilizadas para inferir las variables climáticas del yacimiento LC-PT usando el espectro bioclimático de toda la fauna excepto quirópteros (Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2005). Los números romanos en la ecuación representan los BC requeridos del Espectro Bioclimático.**

Toda la fauna exceptuando quirópteros:		
T	$y=25.429+0.119*(II)-0.099*(II/III)+0.063*(III)-0.059*(IV)-0.139*(V)-0.118*(VI)-0.227*(VII)-0.37*(VIII)-0.473*(IX)$	$r^2=0.934$
Tmax	$y=24.887+0.161*(II)-0.052*(II/III)+0.094*(III)+0.04*(IV)-0.041*(V)-0.113*(VI)-0.016*(VII)-0.06*(VIII)-0.378*(IX)$	$r^2=0.747$
Tmin	$y=26.512+0.059*(II)-0.164*(II/III)+0.008*(III)-0.144*(IV)-0.239*(V)-0.109*(VI)-0.465*(VII)-0.707*(VIII)-0.547*(IX)$	$r^2=0.934$
P	$y=3061.537-19.503*(II)-33.374*(II/III)-34.677*(III)-35.418*(IV)-6.073*(V)-1.824*(VI)-31.42*(VII)-34*(VIII)-28.287*(IX)$	$r^2=0.715$
DI	$y=-0.131+0.007*(II)-0.007*(II/III)-0.002*(III)-0.014*(IV)-0.009*(V)-0.043*(VI)+0.064*(VII)+0.106*(VIII)+0.122*(IX)$	$r^2=0.932$
DS	$y=-1.572+0.038*(II)+0.174*(II/III)+0.22*(III)+0.119*(IV)-0.038*(V)-0.037*(VI)+0.059*(VII)+0.011*(VIII)+0.006*(IX)$	$r^2=0.915$

**Tabla 4. Ecuaciones de regresión múltiple utilizadas para inferir las variables climáticas del yacimiento LC-PT usando el espectro bioclimático de sólo roedores (Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2005). Los números romanos en la ecuación representan los BC requeridos del Espectro Bioclimático.**

<b>Solo Roedores:</b>		
<b>T</b>	$y=25.429+0.119*(II)-0.099*(II/III)+0.063*(III)-0.059*(IV)-0.139*(V)-0.118*(VI)-0.227*(VII)-0.37*(VIII)-0.473*(IX)$	$r^2=0.93$
<b>Tmax</b>	$y=24.887+0.161*(II)-0.052*(II/III)+0.094*(III)+0.04*(IV)-0.041*(V)-0.113*(VI)-0.016*(VII)-0.06*(VIII)-0.378*(IX)$	$r^2=0.746$
<b>Tmin</b>	$y=27.538-0.03*(II)-0.096*(II/III)-0.08*(III)-0.175*(IV)-0.212*(V)-0.141*(VI)-0.418*(VII)-0.71*(VIII)-0.465*(IX)$	$r^2=0.932$
<b>P</b>	$y=2978.195-21.237*(II)-27.563*(II/III)-33.05*(III)-32.648*(IV)-6.678*(V)-5.076*(VI)-28.4*(VII)-33.109*(VIII)-25.98*(IX)$	$r^2=0.746$
<b>DI</b>	$y=-0.013+0.002*(II)-0.004*(II/III)-0.006*(III)-0.004*(IV)+0.006*(V)-0.034*(VI)+0.049*(VII)+0.11*(VIII)+0.09*(IX)$	$r^2=0.92$
<b>DS</b>	$y=-1.064+0.043*(II)+0.141*(II/III)+0.189*(III)+0.11*(IV)-0.027*(V)-0.027*(VI)+0.053*(VII)+0.006*(VIII)+0.014*(IX)$	$r^2=0.926$

**Tabla 5. Ecuaciones de regresión múltiple utilizadas para inferir las variables climáticas del yacimiento LC-PT usando el espectro bioclimático de los mamíferos grandes (Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes, 2005). Los números romanos en la ecuación representan los BC requeridos del espectro bioclimático.**

<b>Mamíferos Grandes (&gt;1 kg):</b>		
<b>T</b>	$y=25.177+0.206*(II)-0.193*(II/III)+0.153*(III)-0.014*(IV)-0.203*(V)-0.061*(VI)-0.265*(VII)-0.42*(VIII)-0.529*(IX)$	$r^2=0.926$
<b>Tmax</b>	$y=24.611+0.232*(II)-0.162*(II/III)+0.177*(III)+0.064*(IV)-0.028*(V)-0.193*(VI)+0.009*(VII)-0.006*(VIII)-0.462*(IX)$	$r^2=0.749$
<b>Tmin</b>	$y=26.441+0.153*(II)-0.243*(II/III)+0.081*(III)-0.044*(IV)-0.371*(V)+0.068*(VI)-0.586*(VII)-0.853*(VIII)-0.578*(IX)$	$r^2=0.92$
<b>P</b>	$y=2927.258-8.227*(II)-39.211*(II/III)-35.02*(III)-35.597*(IV)-19.727*(V)+30.365*(VI)-37.819*(VII)-49.564*(VIII)-21.422*(IX)$	$r^2=0.643$
<b>DI</b>	$y=-0.208+0.002*(II)-0.005*(II/III)+0.003*(III)-0.042*(IV)+0.038*(V)-0.116*(VI)+0.103*(VII)+0.149*(VIII)+0.135*(IX)$	$r^2=0.928$
<b>DS</b>	$y=-1.479+0.033*(II)+0.199*(II/III)+0.249*(III)+0.136*(IV)-0.057*(V)-0.073*(VI)+0.064*(VII)+0.016*(VIII)-0.01*(IX)$	$r^2=0.772$

## Análisis de Diversidad Ecológica

El análisis de diversidad ecológica caracteriza a un ensamblaje faunístico en las categorías de masa corporal, hábitos alimenticios, adaptaciones locomotoras y categoría taxonómica (Fleming, 1973; Andrews *et al.*, 1979; Faith y Lyman, 2019).

Para este trabajo se utilizó la propuesta del modelo de Hernández-Fernández *et al.*, (2006) que utiliza métodos multivariados (análisis de funciones discriminante) para clasificar a la comunidad objeto de estudio a una zona climática/zonobioma propuestas Por Walter (1984, **Tabla 1**). En la **Tabla 6** se muestran las variables utilizadas para el análisis de diversidad ecológica.

**Tabla 6. Lista de variables utilizadas en el Análisis de Diversidad de Ecológica (Propuesta de Hernández-Fernández, 2006).**

<b>Categoría Taxonómica</b>	
R	% especies Orden Rodentia
I	% especies Orden Eulipotyphla
P	% especies Orden Primates
A	% especies Orden Perissodactyla
C	% especies Orden Carnívora
O	% especies en otro orden
<b>Categoría Trófica</b>	
I	% especies insectívoras
F	% especies frugívoras y granívoras
HB	% especies ramoneadoras
HH	% especies pacedoras
C	% especies carnívoras
O	% especies omnívoras
<b>Categoría Locomotora</b>	
A	% especies arbóreas
S	% especies escansoriales
Aq	% especies acuáticas
F	% especies fosoriales
LGM	% mamíferos terrestres grandes (>1 kg)
SGM	% mamíferos terrestres pequeños (<1 kg)
<b>Categoría Masa Corporal</b>	
A	% especies 0.0-100 g
B	% especies 100.1- 1000 g
C	% especies 1000.1-10,000 g
D	% especies 10,000.1-45,000 g
E	% especies 45,000.1-90,000 g
F	% especies 90,000.1-180,000 g
G	% especies 180,000.1-360,000 g
H	% especies >360,000 g

Para caracterizar a la mastofauna en la Categoría Taxonómica y Masa Corporal se hizo uso del listado faunístico, las estimaciones de masa corporal y la revisión de literatura especializada para la mastofauna extinta del yacimiento LC-PT.

La Categoría Trófica se obtuvo de los trabajos de inferencia dietaria llevados a cabo en la mastofauna del yacimiento. Las fuentes utilizadas son: Cervantes-Barriga *et al.*, 2021 para los roedores sigmodontinos; Díaz-Sibaja (2018) y Díaz-Sibaja *et al.* (2018) para los rumiantes; Eng-Ponce *et al.*, (2017b) para *Neochoerus aesopi*; Marín-Leyva (2016b) para los équidos; Marín-Leyva *et al.*, (2019b) para los perezosos; Gutiérrez-Bedolla (2016) para *Mammuthus columbi* y Delgado-García, (2020) para los camélidos. Para los carnívoros extintos se utilizó Kurtén y Anderson (1980), Werdelin *et al.*, (2018) y para los taxones que aún habitan en el territorio mexicano se utilizó Ceballos (2014) y la serie de publicaciones de Mammalian Species.

La Categoría Locomotora se obtuvo de Kurtén y Anderson (1980), la serie de publicaciones de Mammalian Species y de Ceballos (2014).

Se utilizó la base de datos de 28 localidades del viejo mundo (**Anexo 2, Tablas 4, 5, 6 y 7**) del trabajo de Hernández-Fernández *et al.*, (2006) para el análisis discriminante canónico. Se utilizan estas localidades ya que América del Norte carece actualmente de megafauna y su representación es mínima (Ceballos, 2014). Esta base no incluye localidades actuales pertenecientes a la zona climáticas I (Ecuatorial), VIII (Templado frío (boreal)) y XI (Polar).

Para clasificar a LC-PT tanto en el modelo bioclimático como en el análisis de diversidad ecológica se utilizó como categoría la zona climática/zonobioma con mayor porcentaje presente en su Espectro Bioclimático calculado a partir de los CRI de la fauna recuperada del yacimiento.

Se hizo uso de la técnica de ordenamiento multivariada de escalamiento multidimensional no métrico para interrelacionar las variables del análisis de diversidad ecológica para definir cuáles características definen al paleoambiente del

yacimiento. Para esto se utilizaron las variables las categorías taxonómica y masa corporal ya que están relacionadas.

Los análisis discriminantes canónicos se llevaron a cabo en JMP ver. 11 (SAS Institute, 2013), el escalamiento multidimensional no métrico se llevo a cabo en Past ver. 4.06 y los gráficos fueron modificados esteticamente en CorelDRAW 2020.

## Resultados

### Espectro Bioclimático

Se calcularon los espectros bioclimáticos a partir de los Índices de Restricción Climática reportados en la **Tabla 7**. De los espectros bioclimáticos (**Tabla 8**) el BC con mayor proporción en los tres casos (Toda la fauna excepto quirópteros, sólo roedores y mamíferos grandes) es la zona climática/zonobioma II. Tropical con lluvias estivales/Bosque tropical deciduo, seguido de la zona climática II/II. Tropical semiárido de transición/Sabana.

Las zonas climáticas con menor representación fueron IV. Lluvia invernal y sequía estival/ Formaciones leñosas esclerófilas y VIII. Templado frío (boreal)/ Bosque boreal de coníferas (taiga). No hubo ningún taxón que presentara afinidad a la zona climática IX. Polar/Tundra por lo que su BC en los tres casos fue 0.

**Tabla 7. Índice de Restricción Climática (CRI) para cada uno de los taxones de LC-PT, en color crema se encuentran los taxones extintos del yacimiento y en blanco aquellos taxones que aún tienen representación en el territorio mexicano.**

Especie	I	II	II/III	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
<i>M. jeffersonii</i>	0	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0
<i>P. harlani</i>	0	0.2	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0	0
<i>N. shastensis</i>	0	0.25	0.25	0.25	0	0	0.25	0	0	0
<i>G. cylindricum*</i>	0	0.333	0.333	0	0	0	0.333	0	0	0
<i>H. septentrionalis*</i>	0	0.333	0.333	0	0	0	0.333	0	0	0
<i>P. mexicanum*</i>	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. parva</i>	0	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0.2	0	0
<i>P. atrox</i>	0	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0
<i>L. rufus</i>	0	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0
<i>S. fatalis*</i>	0	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0.2	0	0
<i>P. concolor*</i>	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0
<i>L. pardalis</i>	0.25	0.25	0.25	0	0	0.25	0	0	0	0
<i>C. dirus</i>	0	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0.2	0	0
<i>C. latrans</i>	0	0.143	0.143	0.143	0.143	0	0.143	0.143	0.143	0
<i>U. cineroargenteus</i>	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0	0
<i>A. simus*</i>	0	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0
<i>T. floridanus*</i>	0	0.333	0.333	0	0	0	0.333	0	0	0
<i>L. longicaudis</i>	0.25	0.25	0.25	0	0	0.25	0	0	0	0
<i>P. lotor</i>	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0
<i>M. columbi</i>	0	0.2	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0	0
<i>C. hyodon</i>	0.25	0.25	0.25	0.25	0	0	0	0	0	0
<i>E. mexicanus</i>	0	0.333	0.333	0.333	0	0	0	0	0	0
<i>E. conversidens</i>	0	0.333	0.333	0.333	0	0	0	0	0	0
<i>E. cedralensis</i>	0	0.333	0.333	0.333	0	0	0	0	0	0
<i>B. antiquus</i>	0	0.25	0.25	0	0	0	0.25	0.25	0	0
<i>B. latifrons</i>	0	0.25	0.25	0	0	0	0.25	0.25	0	0
<i>O. virginianus</i>	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0	0
<i>O. hemionus</i>	0	0	0.167	0.167	0.167	0	0.167	0.167	0.167	0
<i>C. minor</i>	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. conklingi</i>	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. shuleri</i>	0	0.333	0.333	0	0	0	0	0.333	0	0
<i>P. compressus</i>	0	0.2	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0.2	0
<i>C. hestemus</i>	0	0.2	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0	0
<i>H. macrocephala</i>	0	0.333	0.333	0	0	0	0.333	0	0	0
<i>H. gracilis</i>	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. hispidus</i>	0.143	0.143	0.143	0.143	0	0.143	0.143	0.143	0	0
<i>S. alleni</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. leucottis</i>	0	0.333	0.333	0.333	0	0	0	0	0	0
<i>M. mexicanus</i>	0	0.333	0.333	0.333	0	0	0	0	0	0
<i>M. quasiater</i>	0	0.5	0	0	0	0.5	0	0	0	0
<i>N. cf. tlapacoyana</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>N. mexicana</i>	0	0.25	0.25	0.25	0	0	0	0.25	0	0
<i>N. albigula</i>	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
<i>N. palatina</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>I. mexicanus</i>	0	0.25	0.25	0.25	0	0	0.25	0	0	0
<i>N. aesopi</i>	0	0.25	0.25	0	0	0	0.25	0.25	0	0
<i>T. umbrinus</i>	0	0.333	0.333	0.333	0	0	0	0	0	0
<i>C. fumosus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>C. castanops</i>	0	0.333	0.333	0.333	0	0	0	0	0	0
<i>L. cf. alleni</i>	0	0.333	0.333	0.333	0	0	0	0	0	0
<i>S. cunicularius</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. floridanus</i>	0	0.2	0.2	0	0	0.2	0.2	0.2	0	0
<i>A. agillis</i>	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0

Los números en romano presentes en la parte superior de las columnas de la tabla 4 corresponden a las zonas bioclimáticas/zonobiomas propuestas por Walter (1970, 1984) véase tabla 1. En cada fila de la tabla se presenta el CRI para cada uno de los taxones reportados para el yacimiento LC-PT.

**Tabla 8. Espectro Bioclimático calculado para la mastofauna de LC-PT.**

	I	II	II/III	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
<b>Toda la fauna excepto quirópteros</b>	2.58	33.32	24.21	11.35	1.71	4.79	10.63	8.65	2.75	0
<b>Sólo Roedores</b>	1.02	48.035	19.463	17.678	0	4.592	4.592	4.592	0	0
<b>Mamíferos grandes (&gt;1 Kg)</b>	3.13	28.17	28.17	9.07	2.32	4.35	12.92	1.22	3.73	0

### **Modelo Bioclimático Cualitativo.**

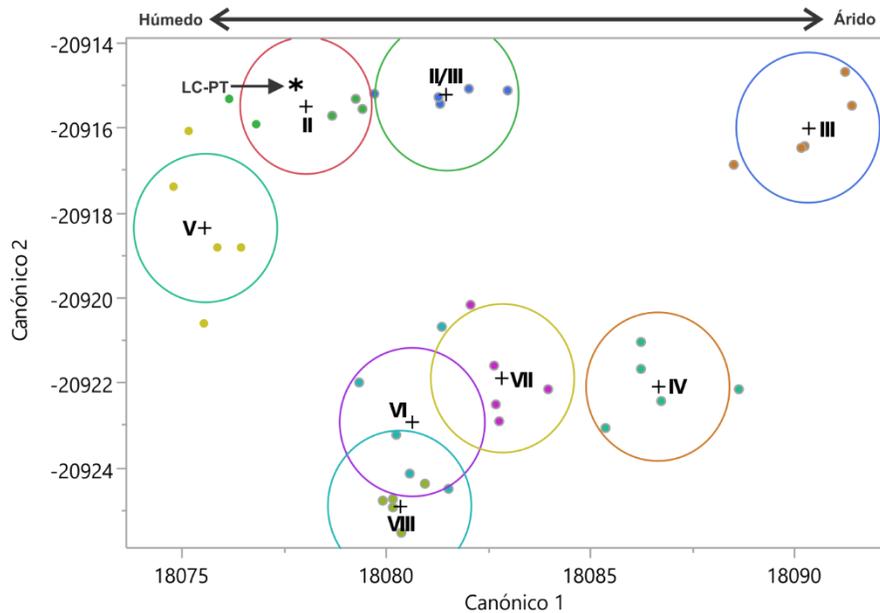
A continuación, en la **Tabla 9** se resumen las clasificaciones del análisis discriminante canónico del modelo bioclimático cualitativo utilizando tres espectros bioclimáticos (Toda la fauna, Sólo Roedores y Mamíferos Grandes).

**Tabla 9. Resultados de los análisis discriminantes para cada uno de espectros bioclimáticos. Se muestra la zona climática/zonobioma clasificada para el yacimiento LC-PT y su porcentaje de clasificación.**

<b>Grupo</b>	<b>Zona Climática clasificada</b>	<b>Porcentaje de clasificación</b>
<b>Toda la fauna exceptuando quirópteros</b>	II	100%
<b>Solo roedores</b>	II	100%
<b>Mamíferos Grandes (&gt;1 Kg)</b>	II	100%

## Toda la fauna exceptuando quirópteros

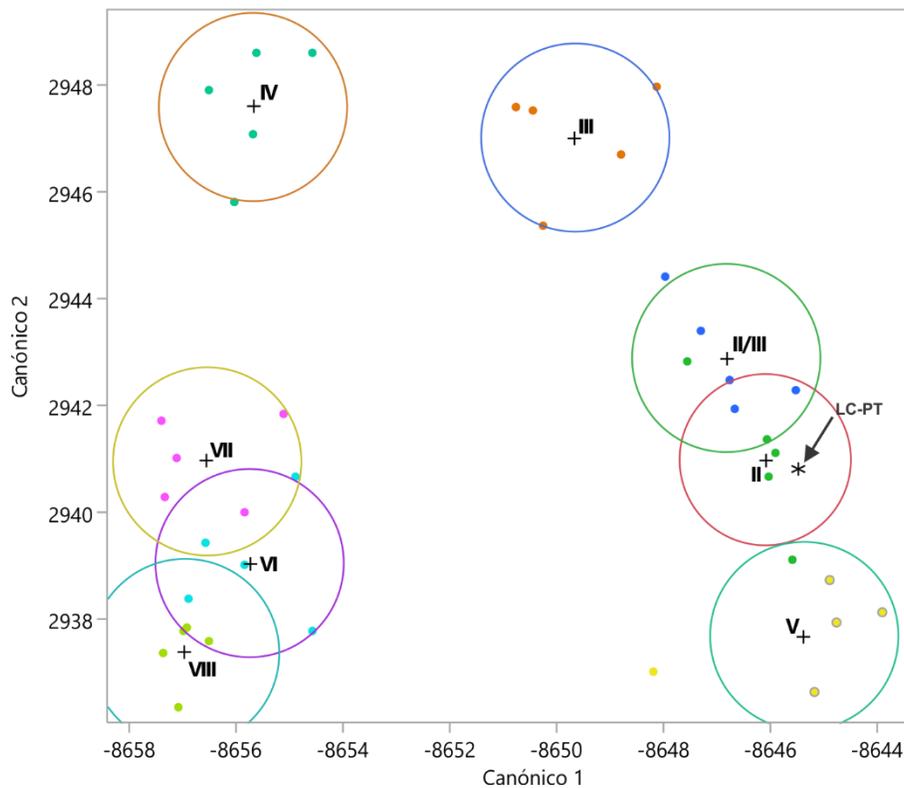
El análisis discriminante clasifica al yacimiento LC-PT a la zona climática/zonobioma II. Tropical con lluvias en verano/Bosque tropical decido con una probabilidad del 100% (**Figura 4, Tabla 9**). El análisis tuvo dos elementos mal clasificados, una verosimilitud de 86% y significancia estadística entre los grupos ( $\text{prob}>F = <0.0001^*$ ).



**Figura 4. Gráfico del análisis discriminante canónico utilizando el espectro bioclimático de toda la fauna excepto quirópteros de LC-PT. Las elipses representan el 95% de intervalo de confianza.**

## Sólo roedores

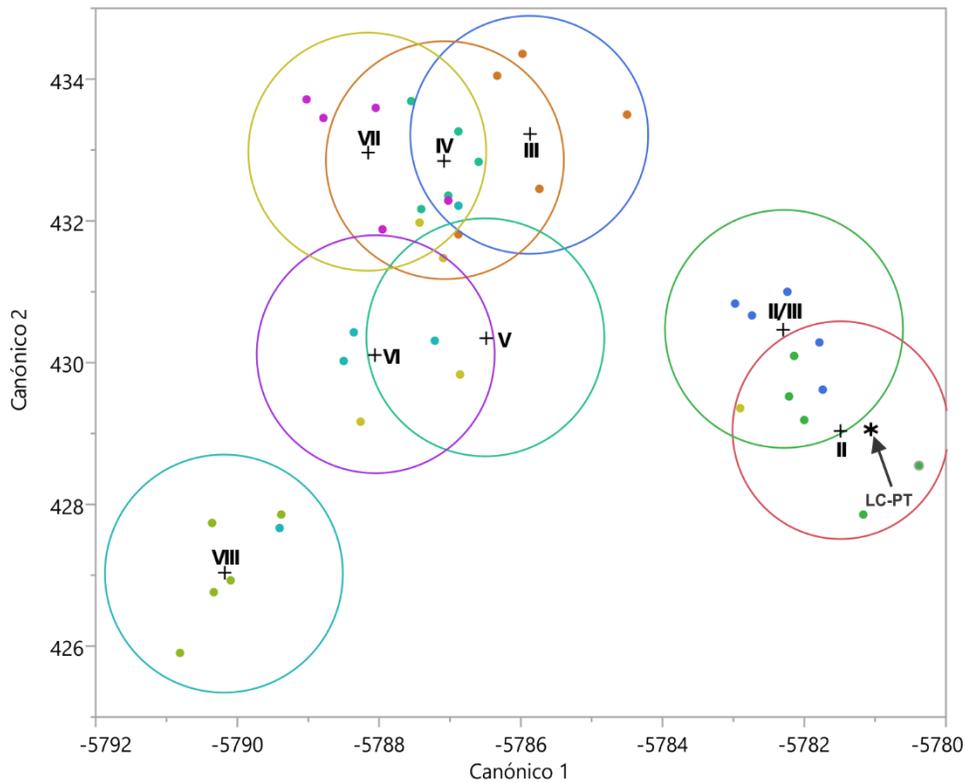
El análisis discriminante mantiene la clasificación del yacimiento LC-PT a la zona climática/zonobioma II. Tropical con lluvias en verano/Bosque tropical deciduo con una probabilidad del 98% (Figura 5, Tabla 9). El análisis tuvo tres elementos mal clasificados, una verosimilitud de 84.01% y diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ( $\text{prob}>F = <0.0001$ ). El gráfico canónico (**Figura 5**) al igual que en el análisis de clasificación anterior (Toda la fauna) muestra el mismo gradiente de ambientes húmedos a áridos.



**Figura 5. Gráfico del análisis discriminante canónico utilizando el espectro bioclimático de los roedores del yacimiento LC-PT. Las elipses representan el 95% de intervalo de confianza.**

## Mamíferos Grandes (>1 kg)

El análisis discriminante utilizando sólo mamíferos grandes mantiene la clasificación del yacimiento LC-PT a la zona climática/zonobioma II. Tropical con lluvias en verano/Bosque ropical decido (Figura 6, Tabla 9). El análisis tuvo 4 elementos mal clasificados, una verosimilitud de 74.72% y diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ( $\text{prob}>F = <0.0001$ ).



**Figura 6. Gráfico del análisis discriminante canónico utilizando el espectro bioclimático de los Mamíferos Grandes (>1 kg) de LC-PT. La elipse representa el 95% de intervalo de confianza.**

## Modelo Bioclimático Cuantitativo

La **Tabla 10** muestra los resultados de cada una de las ecuaciones de regresión del modelo bioclimático cuantitativo. Las variables climáticas de LC-PT del grupo toda la fauna y mamíferos grandes, no varían mucho entre sí, exceptuando en precipitación y duración del invierno, en cambio, las variables obtenidas utilizando sólo los roedores muestran valores más altos de temperatura media anual, duración de sequía y una menor precipitación total anual.

**Tabla 10. Variables climáticas obtenidas del modelo bioclimático cuantitativo.**

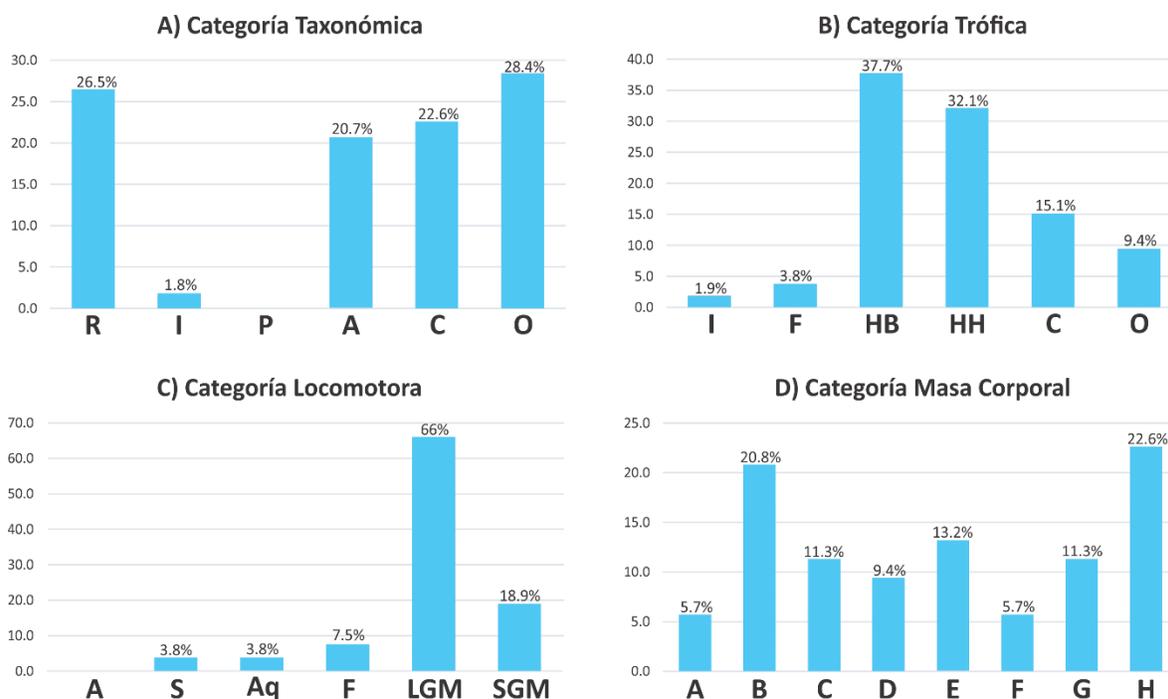
<b>Toda Fauna sin quirópteros</b>	
<b>T</b>	22.7 °C
<b>Tmax</b>	28.4 °C
<b>Tmin</b>	16.08 °C
<b>P</b>	747.22 mm
<b>DS</b>	6.5 meses
<b>DI</b>	0.3 meses
<b>Sólo roedores</b>	
<b>T</b>	24.7 °C
<b>Tmax</b>	29.5 °C
<b>Tmin</b>	19.3 °C
<b>P</b>	652.9 mm
<b>DS</b>	7.08 meses
<b>DI</b>	-0.004 meses
<b>Mamíferos Grandes</b>	
<b>T</b>	21.2 °C
<b>Tmax</b>	26.1 °C
<b>Tmin</b>	15 °C
<b>P</b>	1012.6 mm
<b>DS</b>	6.6 meses
<b>DI</b>	-0.05 meses

## Análisis de Diversidad Ecológica

A continuación, se presentan los porcentajes de cada una de las variables dentro de las categorías utilizadas en el análisis de diversidad ecológica (**Tabla 11, Figura 7**). En la **Tabla 12** se resumen los resultados obtenidos de los análisis discriminantes canónicos para cada una de las categorías.

**Tabla 11. Resumen de las proporciones de de las categorías del análisis de diversidad ecológica. La tabla 3 resume la simbología para cada una de las variables.**

Taxonómica	%	Trófica	%	Locomotoras	%	Masa Corporal	
R	26.5	I	1.9	A	0	A	5.7
I	1.8	F	3.8	S	3.8	B	20.8
P	0	HB	37.7	Aq	3.8	C	11.3
A	20.7	HH	32.1	F	7.5	D	9.4
C	22.6	C	15.1	LGM	66	E	13.2
O	28.4	O	9.4	SGM	18.9	F	5.7
						G	11.3
						H	22.6



**Figura 7. Proporciones de cada variable de las categorías del análisis de diversidad ecológica. A) Categoría Taxonómica, B) Categoría Trófica, C) Categoría Locomotora y D) Categoría Masa Corporal.**

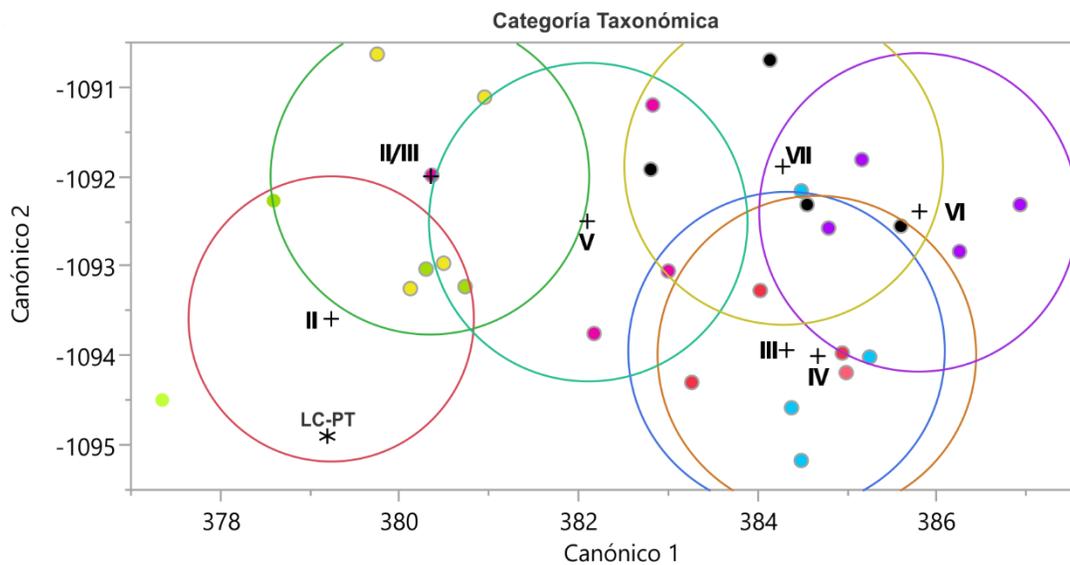
**Categoría Masa Corporal.** La tabla 3 resume la simbología para cada una de las variables de los gráficos.

**Tabla 12. Resumen de los análisis discriminantes para cada una de las categorías. Se muestra la zona climática/zonobioma clasificada para el yacimiento LC-PT y su porcentaje de clasificación.**

<b>Categoría</b>	<b>Zona climática/Zonobioma asignada</b>			<b>Porcentaje de clasificación</b>		
<b>Taxonómica</b>	<b>II</b>			96%		
<b>Trófica</b>	<b>II</b>			99%		
<b>Locomotora</b>	<b>II</b>	<b>II/III</b>	<b>V</b>	61%	10%	29%
<b>Masa Corporal</b>	<b>II</b>			99%		
<b>Taxonómica+Masa Corporal</b>	<b>II</b>			99%		

## Categoría Taxonómica

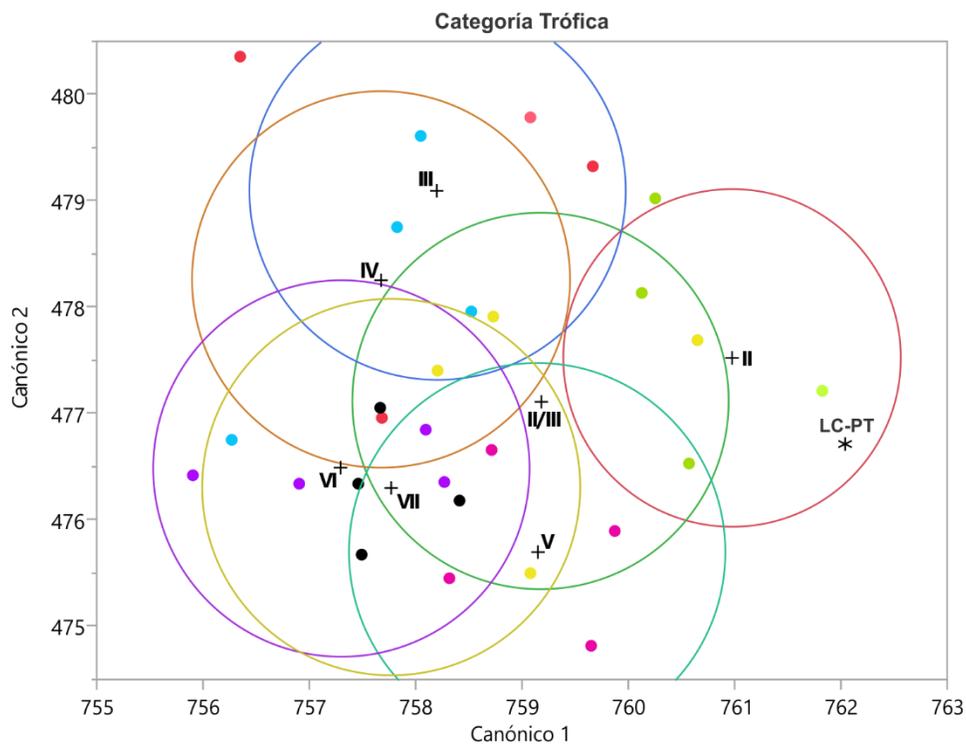
El análisis discriminante de la Categoría taxonómica clasifica al yacimiento LC-PT a la zona climática/zonobioma II. Tropical con lluvias en verano/Bosque tropical deciduo con una probabilidad del 96% (**Figura 8, Tabla 12**). El análisis tuvo ocho elementos mal clasificados, una verosimilitud de 63.58% y diferencias estadísticamente significativas (Valor de Lambda de Wilks= 0.0394064,  $\text{prob}>F=0.0009^*$ ).



**Figura 8. Gráfico del análisis discriminante canónico para la Categoría Taxonómica. Los elipses representan el 95% de intervalo de confianza.**

## Categoría Trófica

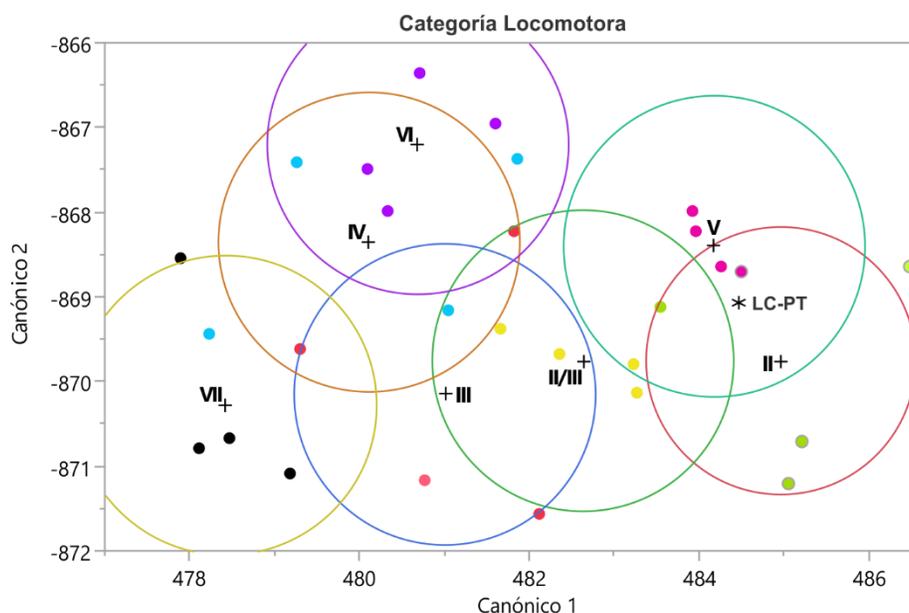
El análisis discriminante de la categoría trófica clasifica al yacimiento LC-PT a la zona climática/zonobioma II Tropical con lluvias en verano/Bosque tropical deciduo con una probabilidad del 99% (**Figura 9, Tabla 12**). El análisis tuvo diez elementos mal clasificados, una verosimilitud de 50.65% y muestra diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Valor de Lambda de Wilks=0.0848955 prob>F= 0.0391\*).



**Figura 9.** Gráfico del análisis discriminante canónico para la Categoría Trófica. Las elipses representan el 95% de intervalo de confianza.

## Categoría Locomotora

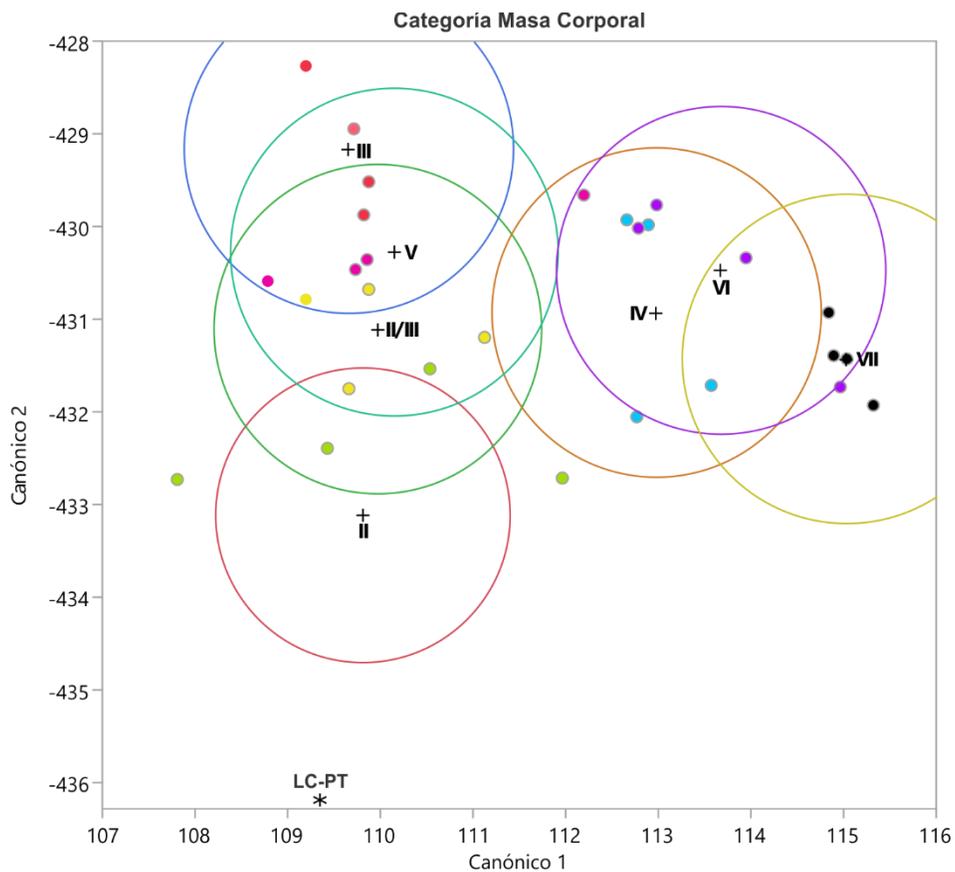
El análisis discriminante de la Categoría Locomotora clasifica al yacimiento LC-PT a las zonas climáticas/zonobiomas II. Tropical con lluvias en verano/Bosque tropical deciduo con una probabilidad del 60%, una probabilidad de 29% de que corresponda a la zona V. Templado cálido/Bosque templado de hoja perenne y un 10% de probabilidad de pertenecer a la zona II/III Tropical semi árido en transición/Sabana (**Figura 10, Tabla 12**). El análisis tuvo seis elementos mal clasificados, una verosimilitud del 68.83% y presenta diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Valor de Lambda de Wilks=0.0257333,  $\text{prob}>F=<0.0001^*$ ).



**Figura 10. Gráfico del análisis discriminante canónico para la Categoría Locomotora. Las elipses representan el 95% de intervalo de confianza.**

## Categoría Masa Corporal

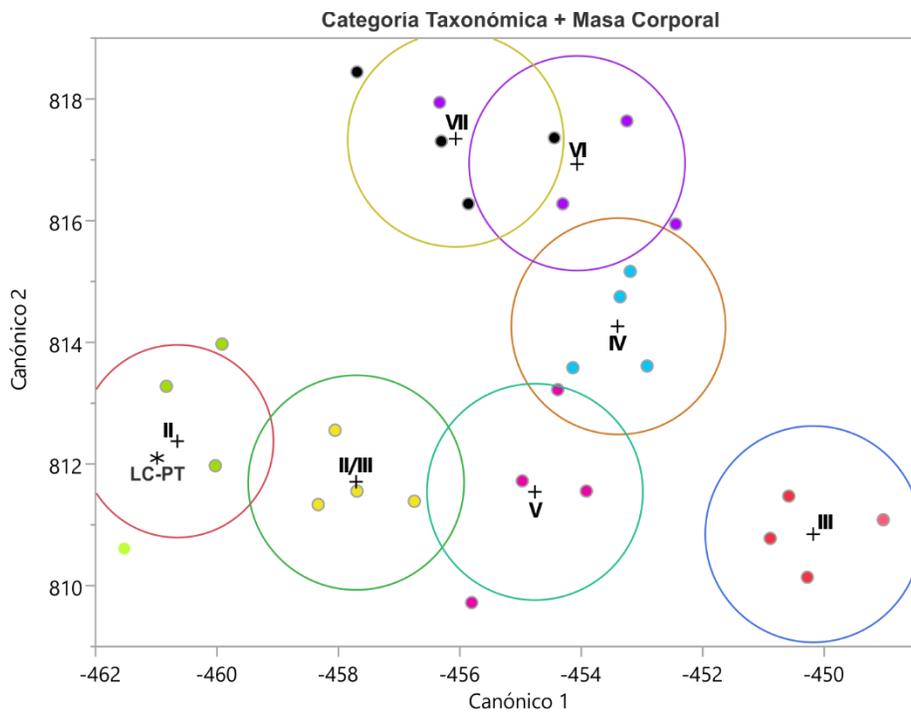
El análisis discriminante de la Categoría Locomotora clasifica al yacimiento LC-PT a la zona climática/zonobioma II. Tropical con lluvias en verano/Bosque tropical deciduo con una probabilidad del 99 % (**Figura 11, Tabla 12**). El análisis tuvo 4 elementos mal clasificados, una verosimilitud del 69.75% y presenta diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Valor de Lambda de Wilks= 0.0269449,  $\text{prob}>F= 0.0131^*$ ).



**Figura 11. Gráfico del análisis discriminante canónico para la Categoría de Masa Corporal. Las elipses representan el 95% de intervalo de confianza.**

## Análisis discriminante: Cat. Taxonómica y Masa Corporal

El análisis discriminante utilizando las categorías Taxonómica y Masa Corporal clasifican al yacimiento LC-PT a la zona climática/zonobioma II. Tropical con lluvias en verano/Bosque tropical deciduo con una probabilidad del 99 % (**Figura 12, Tabla 12**). El análisis tuvo un elemento mal clasificado, una verosimilitud del 96.11% y presenta diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (Valor de Lambda de Wilks= 0.000918,  $\text{prob}>F= 0.0188^*$ ).



**Figura 12. Gráfico del análisis discriminante canónico para la Categoría Taxonómica+Masa Corporal. Las elipses representan el 95% de intervalo de confianza.**

## Escalamiento Multidimensional no Métrico: Cat. Taxonómica y Masa Corporal

Se llevó a cabo el análisis utilizando las categorías Taxonómica y Masa corporal para observar por medio de gradientes las variables caracterizan al yacimiento LC-PT (Figura 13).

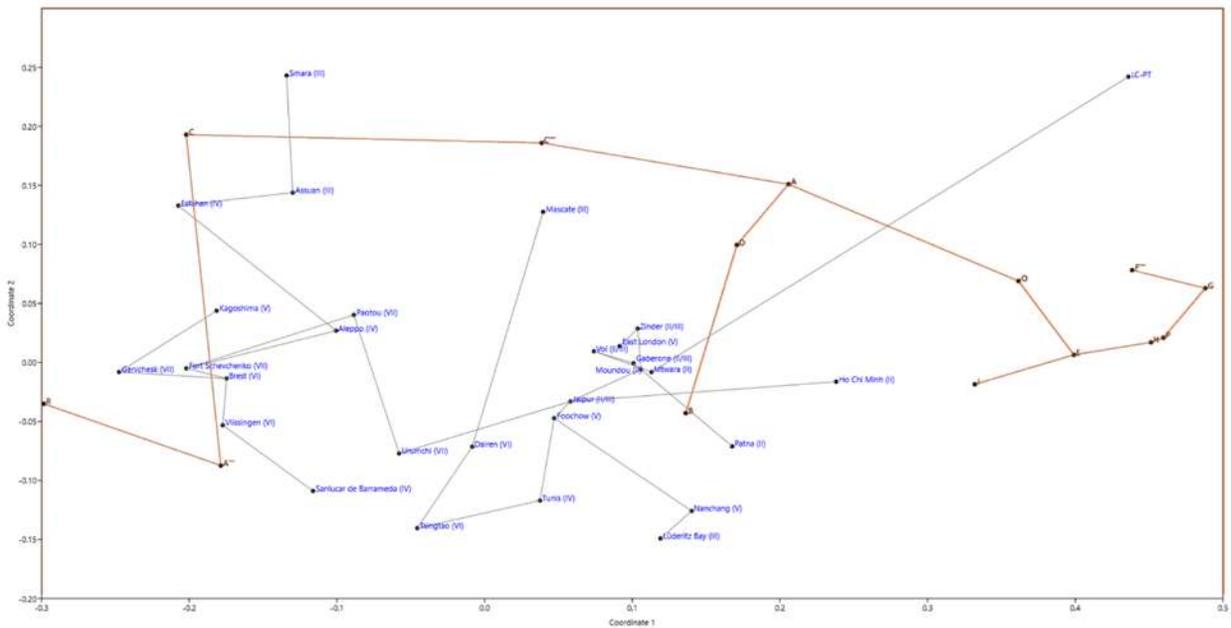


Figura 13. Gráficos superpuestos del Escalamiento Multidimensional No Métrico para la Categorías Taxonómica+Masa Corporal. En azul se muestra el gradiente formado por las localidades utilizadas en el análisis de diversidad ecológica y en rojo las del gradiente formado por las variables presentes en las categorías taxonómica y masas corporales.

## Discusión

### Modelo Bioclimático Cualitativo Cuantitativo.

El modelo bioclimático cualitativo clasifica al yacimiento LC-PT a la zona climática II. Tropical con lluvias en verano, utilizando los tres espectros bioclimáticos obtenidos (**Figura 4, 5 y 6, Tabla 9**) con una probabilidad del 100% de pertenecer a ésta, en los tres casos podemos observar una verosimilitud alta y diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Se puede observar en la **Figura 4**, el acomodo de las zonas climáticas en el gráfico canónico sigue un gradiente que va de los ambientes húmedos (izquierda) a los ambientes áridos (derecha), este patrón se repite en la **Figura 5** pero de arriba (árido) hacia abajo (húmedo).

El modelo bioclimático cuantitativo infiere para LC-PT temperaturas medias anuales superiores a los 20°C (21.2-24.7 °C), temperaturas máximas del mes más caliente entre 26 a 29 °C, temperaturas mínimas del mes más frío entre 15 a 19.3 °C, una duración de 6.5-7 meses de sequía, una duración casi nula del invierno (Temperaturas inferiores a 0) y precipitación total anual entre 652.9 a 1012.6 mm (**Tabla 10**). Los valores obtenidos por medio de las ecuaciones de regresión múltiple son más altos de lo previamente reportado para el yacimiento LC-PT. Díaz-Sibaja (2018) reporta una inferencia de precipitación por medio de isotopos estables de oxígeno de 507.9 mm anuales y una temperatura media anual de 15.1 °C, además, Delgado-García (2020) reporta temperaturas entre los 13.95 a 19.9 °C. Actualmente la cuenca de Cuitzeo representa una zona transicional entre los climas templados secos y templados húmedos, corresponde a un clima templado con lluvias en verano donde la temperatura media anual es de 17.5 °C y presenta una precipitación media anual de 841.9 mm (Mendoza, 2002; Silke *et al.*, 2010), ni siquiera en la actualidad presenta esas temperaturas medias anuales aunque la precipitación es plausible.

Las variables climáticas cuantitativas obtenidas (**Tabla 10**) difieren de los resultados previos sobre la temperatura media anual del yacimiento durante el Pleistoceno tardío, esto se puede deber a que el modelo bioclimático utiliza como referencia

localidades actuales, donde la megafauna actual se concentra en zonas árido-tropicales como las sabanas africanas (Owen-Smith, 1988).

Hernández-Fernández y Peláez-Campomanes (2005) mencionan que las mejores aproximaciones que ellos obtuvieron para las variables climáticas cuantitativas fueron utilizando a los roedores, ya que estos al ser mamíferos pequeños tienen menor movilidad y están adaptados a condiciones climáticas más específicas. En LC-PT los roedores sugieren un clima más cálido que el inferido con toda la mastofauna o los mamíferos grandes, esto se puede deber a que los roedores presentes en el registro fósil de LC-PT son más generalistas y pueden encontrarse en una gran variedad de ambientes (Ceballos, 2014).

### **Análisis de diversidad ecológica y escalamiento multidimensional no métrico.**

Los análisis discriminantes llevados a cabo con las categorías de diversidad ecológica mantienen la clasificación en zona climática II (**Tabla 12**) con probabilidades superiores al 96% con excepción de la Categoría Locomotora que muestra una probabilidad del 61% de pertenecer a la anterior mencionado, un 29% de pertenecer a un clima Templado Cálido (V) y un 10% de pertenecer a sabana climática (II/III) (**Tabla 12**).

Los cuatro análisis tuvieron una verosimilitud entre 50 a 70% con diferencias estadísticamente significativas en sus grupos, pero al observar los grupos conformados por las zonas climáticas en los gráficos (**Figuras 8, 9, 10 y 11**) podemos observar un notable traslape entre los grupos, además de varios elementos mal clasificados. Partiendo de esto se decidió utilizar las dos categorías que presentan relación estrecha para correr un nuevo análisis discriminante canónico; Cat. Taxonómica y Masas Corporales (**Figura 11**). Este nuevo análisis clasificó de la misma manera a LC-PT a la zona climática II con una probabilidad del 99%, una verosimilitud del 96%, diferencias estadísticamente significativas, una localidad mal clasificada y los grupos conformados por las zonas climáticas más definidos.

A partir de este análisis se llevó a cabo una técnica de ordenación conocida como escalamiento multidimensional no métrico para representar en un espacio gráfico el efecto de las variables que ubican al yacimiento LC-PT, con respecto a las otras localidades utilizadas y en un segundo procedimiento de ordenación identificar el efecto de las variables con mayor importancia. Al observar el gráfico podemos notar que LC-PT se encuentra relacionada a las localidades identificadas como pertenecientes a las zonas climáticas II. Tropical con lluvias en verano y II/III. Sabana climática (ecotono), aunque distante de las demás localidades (**Figura 13**).

Si revisamos el gradiente de la ordenación producida por las localidades sobre las variables **A** (% especies Cetartiodactyla), **O** (% especies en otros órdenes), **I** (% especies Insectivora *sensu lato*), **P** (% especies Primates) de la categoría Taxonómica y las variables **E** (% especies 45-90 kg), **F** (% especies 90-180 Kg), **G** (% especies 180-360 Kg), **H** (% especies >360 Kg) de la categoría de Masa Corporal definen el distanciamiento de LC-PT con respecto a las demás localidades. En la **Figura 7** podemos observar estos porcentajes; Cetartiodactyla (**A**) representa el 20.7%, los otros grupos (**O**) representan el 28.4%, Insectivora (**I**) el 1.8% y por último una nula representación de primates (**P**). En cambio, las variables de la Categoría de masa corporal se observa que las tallas que definen al yacimiento se encuentran entre los 45 kg y superior a los 360 Kg (**Figura 7, D; variables E y H**).

Revisando la matriz de datos (**Anexo 2**) del modelo bioclimático podemos observar que en LC-PT la variable **O** (% especies en otro orden) presenta un porcentaje mucho mayor a las localidades que se les compara (28%, **Figura 7, Tabla 11**), esto se debe a la composición faunística que presenta el yacimiento, los órdenes Cingulata y Pilosa sólo se encuentran distribuidos en los continentes americanos, en la actualidad Proboscidea se encuentran restringidos al viejo mundo (Nowak y Paradiso, 1983) y presentan una riqueza de especies en el yacimiento que es difícil comparar con lo actual a diferencia de los otros grupos taxonómicos que si se presentan en las localidades utilizadas para llevar a cabo este análisis de diversidad ecológica.

Otro caso que es de interés mencionar es que se utilizaron estas localidades del viejo mundo para poder clasificar a una zona climática utilizando como categoría las masas corporales, aquí podemos observar que la variable **H** contiene el 22% de la mastofauna del yacimiento (**Figura 7, Tabla 11**), en cambio en las localidades utilizadas a comparar en esta variable pueden no tener representación o simplemente representan la menor proporción de su fauna.

### **Registro Palinológico vs Zona Climática/zonobioma clasificada**

La zona climática II. Tropical con lluvias en verano se encuentra actualmente en el territorio mexicano desde la latitud 10° a 30° N en ecotono con la zona climática III. Subtropical árido y LC-PT se encuentra geográficamente dentro de esta zona. Relacionando las zonas climáticas de Walter (1984) con la vegetación del Pleistoceno tardío durante en UGM en México se encuentra que la vegetación de matorral, arbusto espinoso tropical y el semi-desierto tropical (zonas climáticas II, II/III y III) se encontraban en expansión en todo el territorio (Ray y Adams, 2001).

La zona climática II representa un clima húmedo-árido cíclico con lluvias en verano y una vegetación forestal semi-perene a decidua. Se encuentra distribuida en el continente norteamericano entre el ecuador y latitud 30 N. Una característica distintiva de esta zona climática es la ausencia de vegetación forestal en grandes áreas donde esta es reemplazada por estructura vegetal del tipo sabana. Los tipos de vegetación que son característicos de esta zonobioma son: Bosque deciduo, sabanas y parkland con una estación lluviosa húmeda (Walter, 1984).

Un punto a recalcar de las propuesta de zonas climáticas por Walter (1984) es que es un sistema general de clasificación basado en la procedencia geográfica que, además, no toma en cuenta directamente las zonas montañosas. Para éstas el autor propuso dividir las en Orobiomas, las cuales tienen características diferentes dependiendo de la altitud de la zona montañosa, pero detalles como la estacionalidad de la precipitación se mantienen. LC-PT correspondería al Orobioma II nombrado por Walter (1984) como montañas “tropicales” con periodicidad de la temperatura anual, en este Orobioma el periodo de sequía tiene un impacto en el suministro de agua dependiendo de cuanto dure.

El yacimiento LC-PT se encuentra dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) dentro de una zona conocida como el campo volcánico Michoacán-Guanajuato (Hasenaka y Carmichael, 1985), esta región geográfica empezó su formación durante el Oligoceno (38-23 Ma) debido a vulcanismo de la Sierra Madre Occidental (Garduno-Monroy y Gutiérrez-Negrín, 1992) pero no fue hasta el Mioceno medio-superior (12-5 Ma) que adopta sus características actuales (Israde-Alcántara *et al.*, 1992). Varios estudios palinológicos revelan que el CVTM presentaba vegetación de origen templado durante el Pleistoceno tardío (Lozano-García, 1996; Caballero *et al.*, 2010) y tal es el caso del registro polínico del paleolago de Cuitzeo durante la temporalidad (36-18 Ka) cuando la mastofauna habitó el área del yacimiento LC-PT se reporta polen de elementos de origen templado y de bosque de galería (*Pinus*, *Quercus*, *Alnus*, *Carpinus-Corylus*, *Salix*, *Fraxinus*), elementos herbáceos a arbustivos xéricos (*Ambrosia*, *Artemisia*, *Cirsium* Fam. Agavaceae, Asteraceas de espinas largas, Poaceas) y elementos herbáceos con requerimientos de humedad alta (*Polypodium*, Pteridofitas monoletes y triletes) (Israde-Alcántara *et al.*, 2010).

## Conclusiones

La clasificación a la zona climática tropical con lluvias en verano por medio del modelo bioclimático cualitativo, es coherente con la distribución geográfica de esta zona en el territorio mexicano y con lo conocido sobre la vegetación de México durante el UGM.

El modelo bioclimático cuantitativo infirió temperaturas superiores a lo que se conoce de estudios anteriores del yacimiento LC-PT, esto se puede deber a que las localidades actuales utilizadas concentran a la megafauna en zonas como las sabanas tropicales. Utilizando a los roedores, se debería haber obtenido valores más certeros sobre las variables climáticas ya que son más locales que la fauna grande, pero, el modelo bioclimático es muy generalista para obtener los componentes bioclimáticos lo que deja fuera los climas montañosos por no representar más del 15% de la distribución geográfica de los taxones, donde varios de los organismos del yacimiento habitan actualmente.

El análisis de diversidad ecológica utilizando las categorías taxonómicas, trófica y masa corporal, pudieron clasificar de igual manera a esta zona climática II en cambio la categoría locomotora no es tan útil. Utilizar las variables de la categoría Taxonómica y Masa Corporal juntos en el análisis discriminante canónico apoya a la delimitación de los grupos conformados por las localidades, además de que evita que haya elementos mal clasificados.

Gracias a la exploración de interrelaciones de la categoría Taxonómica/Masa Corporal por medio del escalamiento multidimensional no métrico se puede entender que el yacimiento LC-PT tiene afinidad a la zona climática tropical con lluvias en verano en su composición mastofaunística y distribución de masas corporales de la fauna, aunque la vegetación arbórea presente en el registro polínico del lago de Cuitzeo sea afín a climas templados, la vegetación arbustiva si presenta afinidad con la zona climática y al tipo de estructura vegetal tipo sabana.

Con la información obtenida de estos análisis y conjuntando con el registro polínico se puede inferir que el yacimiento LC-PT presentaba una estructura vegetal

del tipo sabana/parkland con componentes arbustivos y herbáceos del tipo tempaldo/xérico en ecotono con bosque templado y elementos de galería.

## Bibliografía Citada.

- Afifi, A.A. and V. Clark., 1996. **Computer-Aided Multivariate Analysis**. 3ed. Chapman & Hall, London.
- Alberdi, M. T., Arroyo-Cabrales, J., Marín-Leyva, A. H., & Polaco, O. J. 2014. **Study of Cedral Horses and their place in the Mexican Quaternary**. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(2), 221-237.
- Anderson, A. E., & Wallmo, O. C. 1984. ***Odocoileus hemionus***. *Mammalian species*, (219), 1-9.
- Andrews, P., Lord, J. M., & Evans, E. M. N. 1979. **Patterns of ecological diversity in fossil and modern mammalian faunas**. *Biological Journal of the Linnean Society*, 11(2), 177-205.
- Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O. J., Laurito, C., Johnson, E., Alberdi, M. T., & Zamora, A. L. V. 2007. **The proboscideans (Mammalia) from Mesoamerica**. *Quaternary International*, 169, 17-23.
- Bekoff, M. 1977. ***Canis latrans***. *Mammalian species*, (79), 1-9.
- Best, T. L., & Henry, T. H. 1993. ***Lepus alleni***. *Mammalian Species*, (424), 1-8.
- Bjorn, K., y Anderson, E. 1980. ***Pleistocene mammals of North America***. Columbia University Press, New York.
- Bravo-Cuevas, V. M., & Jiménez-Hidalgo, E. 2018. **Advances on the paleobiology of late Pleistocene mammals from central and southern Mexico**. *The Pleistocene, Geography, Geology and Fauna*, 277-313.
- Bravo-Cuevas, V. M., Jiménez-Hidalgo, E., Cuevas-Ruiz, G. E., y Cabral-Perdomo, M. A. 2012. **A small camelid *Hemiauchenia* from the Late Pleistocene of Hidalgo, central Mexico**. *Acta Palaeontologica Polonica*, 57(3), 497-509.
- Caballero, M., Lozano-García, S., Vázquez-Selem, L., & Ortega, B. 2010. **Evidencias de cambio climático y ambiental en registros glaciales y en cuencas lacustres del centro de México durante el último máximo glacial**. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(3), 359-377.
- Cameron, G. N., & Spencer, S. R. 1981. ***Sigmodon hispidus***. *Mammalian species*, (158), 1-9.
- Campbell, C., Campbell, I.D., Blyth, C.B., and McAndrews, J.H. 1994. ***Bison* extirpation may have caused aspen expansion in western Canada**. *Ecography* 17: 360–362.
- Ceballos, G. (Ed.). 2014. ***Mammals of Mexico***. JHU Press.
- Ceballos, G., y Arroyo-Cabrales, J. 2012. **Lista actualizada de los mamíferos de México 2012**. *Revista Mexicana de mastozoología Nueva época*, 2(1), 27-80.
- Cervantes, F. A., Lorenzo, C., Vargas, J., & Holmes, T. 1992. ***Sylvilagus cunicularius***. *Mammalian Species*, (412), 1-4.
- Cervantes-Barriga R. 2015. **Especies del Orden Carnivora del Rancho Labreano de dos localidades del Centro-Occidente de México**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 96 pp.
- Cervantes-Barriga, 2018. **Inferencia de la Paleodieta de *Sigmodon hispidus* (Rodentia, Cricetidae) en una localidad del Pleistoceno tardío del centro occidente de México**. Tesis Maestría. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

- Cervantes-Barriga, R., Marín-Leyva, A. H., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Arroyo-Cabrales, J., Schaaf, P., & Cano-Camacho, H. 2021. **Taxonomy, diet and geographical provenance of fossil species of Sigmodon from west central Mexico during the late Pleistocene.** *PalZ*, 95(1), 145-161.
- Chapman, J. A., & Hockman, J. G., M.M., Ojeda C. 1980. ***Sylvilagus floridanus***. Mammalian Species, 136, 1-8.
- Cornely, J. E., & Baker, R. J. 1986. ***Neotoma mexicana***. Mammalian Species, (262), 1-7.
- Currier, M. J. P. 1983. ***Felis concolor***. Mammalian species, (200), 1-7.
- Davidow-Henry, B. R., Jones, J. K., & Hollander, R. R. 1989. ***Cratogeomys castanops***. Mammalian Species, (338), 1-6.
- Delgado-García, S.. 2020. **La dieta y el hábitat de los camélidos del Pleistoceno tardío del Centro Occidente de México.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 96 pp.
- Díaz-Sibaja, R. 2018. **Reconstrucción paleoambiental de dos yacimientos pleistocénicos (Rancholabreano) del centro-occidente de México con presencia de rumiantes fósiles.** Tesis de Doctorado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 174 pp
- Díaz-Sibaja, R., 2013, **Los rumiantes (Ruminantia: Bovidae y Cervidae) del Pleistoceno (Rancholabreano) de dos sitios del centro-occidente de México: Morelia, Michoacán, México,** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, tesis maestría, 185 pp.
- Díaz-Sibaja, R., Jiménez-Hidalgo, E., Ponce-Saavedra, J., & García-Zepeda, M. L. (2018). **A combined mesowear analysis of Mexican *Bison antiquus* shows a generalist diet with geographical variation.** *Journal of Paleontology*. *Journal of Paleontology*, 92(6), 1130-1139.
- Eng-Ponce, J. 2018. **Perezosos (Xenarthra: Folivora) y capibaras (Rodentia: Hydrochoerinae) del yacimiento pleistocénico (Rancholabreano) de la Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 86 pp.
- Eng-Ponce, J., Díaz-Sibaja, R., García-Zepeda, M. L. y Arroyo-Cabrales, J. 2018, **Nuevos registros de *Smilodon*, *Puma* y *Arctodus* para el Rancholabreano de La Cinta-Portalitos, Mich-Gto.** Primer Simposio de Paleontología Sesión Centro-Norte. Zacatecas, Zacatecas, México.
- Eng-Ponce, J., R. Díaz-Sibaja, A. H. Marín-Leyva, J. Arroyo-Cabrales, and M. L. García-Zepeda. 2017b. **Análisis preliminar de la dieta y el hábitat de *Nechoerus aesopi* (Caviidae, Hydrochoerinae) de la Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** *Paleontología Mexicana* No. esp. 2:42.
- Eng-Ponce, J., R. Díaz-Sibaja, J. Arroyo-Cabrales, and M. L. García-Zepeda. 2017a. **Primer registro de musaraña (Soricidae) para el Pleistoceno tardío del Centro-Occidente de México.** *Paleontología Mexicana* No. esp. 2:43.
- Faith, J. T., & Lyman, R. L. 2019. ***Paleozoology and paleoenvironments: fundamentals, assumptions, techniques.*** Cambridge University Press.
- Fernández-Duarte, M. E. 2019. **Pequeños mamíferos del Rancholabreano de la zona norte del lago de Cuitzeo, Michoacán-Guanajuato, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 118 pp
- Ferrusquía-Villafranca, I., Arroyo-Cabrales, J., Martínez-Hernández, E., Gama-Castro, J., Ruiz-González, J., Polaco, O. J., y Johnson, E. 2010. Pleistocene mammals of Mexico: **A**

**critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provinciality.** *Quaternary International*, 217(1-2), 53-104.

- Fleming, T. H. 1973. **Numbers of mammal species in North and Central American forest communities.** *Ecology*, 54(3), 555-563.
- FossilWorks (<http://fossilworks.org>), Consultada el 20 de noviembre del 2019.
- Fritzell, E. K., & Haroldson, K. J. 1982. ***Urocyon cinereoargenteus***. *Mammalian species*, (189), 1-8.
- García-Zepeda, M. L. 2006. **Nuovi dati Paleontologici dalla depressione lacustre di Cuitzeo Michoacán, México.** Tesis Doctoral. Università degli studi di Firenze, Italia. 115pp.
- Garduño-Monroy, V. H., & A Gutiérrez-Negrín, L. C. 1992. **Magmatismo, hiatus y tectonismo de la Sierra Madre Occidental y del Cinturón Volcánico Mexicano.** *Geofísica Internacional*, 31(4).
- González-Medrano, F. 1998. **La vegetación de México y su historia.** *Ciencias*, 52, 58 – 65.
- Gutiérrez-Bedolla, M., 2014. **La dieta y el hábitat de *Mammuthus columbi* (Falconer, 1857) en dos localidades del Pleistoceno tardío en el centro occidente de México: Morelia, Michoacán, México.** Universidad Michoacanade San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología, tesis maestría, 89 pp.
- Gutiérrez-Bedolla, M., M. L. García-Zepeda, R. López-García, J. Arroyo-Cabrales, A. H. Marín-Leyva, E. Meléndez-Herrera and A. L. Fuentes-Farías. 2016. **Diet and habitat of *Mammuthus columbi* (Falconer, 1857) from two Late Pleistocene localities in central western Mexico.** *Quaternary International* 406:137–146.
- Hasenaka, T., & Carmichael, I. S. 1985. **The cinder cones of Michoacán—Guanajuato, central Mexico: their age, volume and distribution, and magma discharge rate.** *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 25(1-2), 105-124.
- Hernández- Fernández, Manuel, and Pablo Peláez- Campomanes. 2003. **The Bioclimatic Model: A Method of Palaeoclimatic Qualitative Inference Based on MammalAssociations.** *Global Ecology and Biogeography* 12:507– 517.
- Hernández- Fernández, Manuel, and Pablo Peláez- Campomanes. 2005. **Quantitative Palaeoclimatic Inference Based on Terrestrial Mammal Faunas.** *Global Ecology and Biogeography* 14:39– 56.
- Hernández- Fernández, Manuel, M. T. Alberdi, B. Azanza *et al.*, 2006. **Identification Problems of Arid Environments in the Neogene– Quaternary Mammal Record of Spain.** *Journal of Arid Environments* 66:585– 608.
- Hernández- Fernández, Manuel. 2001. **Bioclimatic Discriminant Capacity of Terrestrial Mammal Faunas.** *Global Ecology and Biogeography* 10:189– 204.
- Israde, I., V. H. Garduño y M. Ferrari, 1992. **El Origen Transtensivo de la Depresión del Lago de Cuitzeo, México.** *Actas de las Sesiones Científicas, Congreso Latinoamericano de Geología, Salamanca, España. Vol. 4.* pp.127-131.
- IUCN 2019. **The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2019-3. <http://www.iucnredlist.org>. Consultada el 10 de diciembre del 2019.
- JMP®, Version 11. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2013.
- Larivière, S. 1999. ***Lontra longicaudis***. *Mammalian species*, (609), 1-5.
- Larivière, S., & Walton, L. R. 1997. ***Lynx rufus***. *Mammalian species*, (563), 1-8.
- Lotze, J. H., & Anderson, S. 1979. ***Procyon lotor***. *Mammalian species*, (119), 1-8.
- Lozano-García, M. 1996. **La vegetación del Cuaternario tardío en el centro de México: registros palinológicos e implicaciones paleoclimáticas.** *Botanical Sciences*, (58), 113-127.

- Macêdo, R. H., & Mares, M. A. 1988. *Neotoma albigula*. Mammalian species, (310), 1-7.
- Margalef, R. 1977 **Ecología**. Omega, Barcelona.
- Marín-Leyva, A. H., Eng-Ponce, J., R. Díaz-Sibaja, M. L. García-Zepeda y J. Arroyo-Cabrales 2019b. **Dieta y el hábitat de los perezosos terrestres de una localidad del Pleistoceno tardío en el centro occidente de México**. Paleontología Mexicana No. esp. 5: XVI Congreso Nacional de Paleontología. Chihuahua, Chihuahua. Septiembre 2019.
- Marín-Leyva, A. H., J. Arroyo-cabrales, M. L. García-zepeda, J. Ponce-saavedra, P. Schaaf, V. A. Pérez-crespo, P. Morales-puente, E. Cienfuegos-alvarado, and M. T. Alberdi. 2016b. **Feeding ecology and habitat of Late Pleistocene Equus horses from west-central Mexico using carbon and oxygen isotopes variation**. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 33:157–169.
- Mendoza C.M.E. 2002. **Implicaciones del cambio de cobertura y uso del suelo en el Balance hídrico a nivel regional. El caso de la cuenca del Lago de Cuitzeo**. Tesis de Doctorado Universidad Nacional Autónoma de México Posgrado en Ciencias de La Tierra. Instituto de Geofísica. pp.186.
- Metcalfe, S. E. 2006. **Late Quaternary environments of the northern deserts and central Transvolcanic Belt of Mexico**. Annals of the Missouri Botanical Garden, 93, 258-273.
- Metcalfe, S. E., Leng, M. J., Jason, K., Huddart, D., Vane, C. H. & Gonzalez, S. 2016. **Early-Mid Pleistocene environments in the Valsequillo Basin, Central Mexico: a reassessment**. Journal of Quaternary Science, 31, 325-336.
- Metcalfe, S. E., O'Hara, S. L., Caballero, M. & Davies, S. J. 2000. **Records of Late Pleistocene-Holocene climatic change in Mexico—A review**. Quaternary Science Review, 19, 699–721.
- Montellano-Ballesteros, M. & Jiménez-Hidalgo, E. 2006. **Mexican fossil mammals, Who, where and when?** In Vega, J. F., Nyborg, T. G., Perrilliat, M.C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S. R. S. & Quiroz-Barroso, S. A. (Eds.), Studies on Mexican Paleontology (p. 249–273). New York: Springer.
- Owen-Smith N. D. 1988. **Megaherbivores**. Cambridge: Cambridge University.
- **Paleobiology Database** (<https://paleobiodb.org>), Consultada el 3 de diciembre del 2019.
- Pérez-González. M., S. y Godínez-García, V. 2007, **“Pequeños Vertebrados Fósiles y la Bioestratigrafía de La Cinta, Michoacán y Portalitos, Guanajuato.”**, Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 100 pp.
- Plata-Ramírez, R. A. 2012. **Camellos Fósiles de La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana Michoacán y Guanajuato, México**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 70 pp.
- Prothero, D. R. 2006. **After the dinosaurs: The age of mammals**. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press.
- Rapoport, E.H. 1982 **Areography: geographic strategies of species**. Pergamon Press, Oxford
- Ray, N., & Adams, J. 2001. **A GIS-based vegetation map of the world at the last glacial maximum (25,000-15,000 BP)**. *Internet archaeology*, 11.
- Shump, K. A., & Baker, R. H. 1978. *Sigmodon alleni*. Mammalian Species, (95), 1-2.
- Shump, K. A., & Baker, R. H. 1978. *Sigmodon leucotis*. Mammalian Species, (96), 1-2.
- Silke, C., Galicia, L., & Israde-Alcántara, I. 2010. **Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su Geografía y Entorno Socioambiental (1st ed.)**. Morelia, Michoacán, México. Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

- Smith, W. P. 1991. ***Odocoileus virginianus***. Mammalian species, (388), 1-13.
- Torres-Flores, J. W., & López-Wilchis, R. 2018. ***Microtus quasiater* (Rodentia: Cricetidae)**. Mammalian Species, 50(961), 59-66.
- Walter, H. (1970) **Vegetationszonen und klima**. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Walter, H. 1984. **Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere**. Springer Science & Business Media.
- Werdelin, L., McDonald, H. G., & Shaw, C. A. (Eds.). 2018. ***Smilodon: The Iconic Sabertooth***. JHU Press.
- Whitaker, J. O. 1974. ***Cryptotis parva***. Mammalian Species, 43, 1-8.
- Young, C. J., & Jones, J. K. 1982. ***Spermophilus mexicanus***. Mammalian Species, (164), 1-4.

### **Capítulo 3. Paleoilustración del yacimiento La Cinta Portalitos-Michoacán Guanajuato.**

Joaquín Eng-Ponce<sup>1\*</sup>, María Luisa García-Zepeda<sup>1</sup>, Roberto Díaz-Sibaja<sup>1</sup>, Joaquín Arroyo-Cabrales<sup>2</sup>, Eduardo Mendoza-Ramírez<sup>3</sup>, Javier Ponce-Saavedra<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Laboratorio de Paleontología. Edif. R, 2°. Piso. Ciudad Universitaria. C. P.58060, Morelia, Michoacán. \*1027308f@umich.mx

<sup>2</sup> Laboratorio de Arqueozoología, M. en C. Ticul Álvarez Solórzano, Instituto Nacional de Antropología e Historia, C.P. 06060. México, CDMX. aromatu@hotmail.com

<sup>3</sup> Laboratorio de Análisis para la Conservación de la Biodiversidad, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ave. San Juanito Itzicuaró s/n, Col. Nueva Esperanza. C.P. 58330, Morelia, Michoacán. eduardo.mendoza@umich.mx

<sup>4</sup> Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Laboratorio de Entomología "Biol. Sócrates Cisneros Paz". Edif. B4 2°. Piso. Ciudad Universitaria. C.P. 58060, Morelia, Michoacán. javier.ponce@umich.mx

## Resumen

En este trabajo se reportan las ilustraciones de la fauna extinta de La Cinta-Portalitos (LC-PT) y la reconstrucción de su paleoambiente durante el Pleistoceno tardío. En total se llevaron a cabo 28 ilustraciones individuales de la megafauna y 4 ilustraciones que comprenden: 1. La zona del paleolago con su respectiva vegetación de galería y acuática, 2. La zona de vegetación abierta tipo sabana/parkland, 3. La zona en ecotono con el bosque templado, 4. El bosque templado. En este paleoambiente se ilustraron un total de 50 especies diferentes entre la herpetofauna, ictiofauna, avifauna y mastofauna que habitaron durante el Rancholabreano en el norte del paleolago de Cuitzeo. El poder ilustrar un yacimiento fósil como LC-PT brinda oportunidad de hacer llegar al público general la información generada por investigadores de una manera más sencilla y práctica.

**Palabras Clave:** Ilustración científica, divulgación científica, megafauna, paleoambiente, Pleistoceno.

## Abstract

In this work we report the illustrations of the extinct fauna of LC-PT and the reconstruction of its paleoenvironment during the late Pleistocene. In total, 28 individual illustrations of the megafauna and 4 paleoenvironment illustrations were made, comprising: 1. The paleolake zone with its respective gallery and aquatic vegetation, 2. The open savanna/parkland type vegetation zone, 3. The ecotone zone with the temperate forest, 4. The temperate forest. In this paleoenvironment, a total of 50 different species were illustrated among the herpetofauna, ichthyofauna, avifauna and mastofauna that inhabited during the Rancholabrean in the north of the Cuitzeo Lake. Being able to illustrate a fossil site like LC-PT provides the opportunity to make the information generated by researchers reach the general public in a simpler and more practical way.

**KeyWords:** Scientific Illustration, scientific divulgation, megafauna, paleoenvironment, Pleistocene.



## Introducción

La ilustración siempre ha sido reconocida como un factor decisivo en el surgimiento de la ciencia moderna (Ellenius, 1985) y en tiempos recientes ha asumido un papel fuerte en la epistemología científica. La ilustración científica es una herramienta muy útil, ya que el uso de imágenes en las ciencias naturales ha facilitado la definición y clasificación de especímenes o fenómenos estudiados (Moser, 2010). Se define a la ilustración científica como el esfuerzo conjunto de científicos u otros clientes y un ilustrador para comunicar conceptos científicos a una audiencia profesional (Hodges y Randal, 2003).

La paleontología es una ciencia que genera una atracción social como muy pocas disciplinas pueden lograr (Witton *et al.*, 2014). El impacto que ha tenido ha apoyado al crecimiento de esta ciencia integrativa, que ahora ha vuelto a la misma un recurso educacional, cultural, turístico y económico. Desde su surgimiento, los paleontólogos han requerido de representaciones visuales (Paleoarte) tanto del material fósil como de recreaciones en vida de los organismos extintos con finalidad científica y de divulgación. El paleoarte es un término ampliamente usado tanto en medios académicos como en la cultura para referirse a cualquier representación de un organismo extinto o ambientes del pasado (Ansón *et al.*, 2015).

La ilustración paleontológica por mucho tiempo fue de carácter técnico y dirigida a profesionales, la ilustración de fósiles se ha llevado a cabo desde el siglo XV con las ilustraciones de icnofósiles de Leonardo DaVinci (Baucon, 2010), otro de los primeros intentos de una reconstrucción de un organismo fósil fue llevado a cabo por George Cuvier (Rudwick, 2008), pero fue hasta 1830 que el paleoarte fue difundido al público con la reconstrucción del paleoambiente de Lyme Regis (Jurásica ca. 150 Ma) elaborada por el geólogo Henry de la Beche, a partir de este momento muchos trabajos paleontológicos incluyen reconstrucciones de vida en el pasado (Secord, 1986).

Desde entonces las reconstrucciones forman parte de salas de museos, periódicos revistas y demás medios de divulgación. Actualmente existen tres medios principales para reconstruir la biodiversidad del pasado por medio de la ilustración

paleontológica (paleoilustración): dibujo tradicional, dibujo digital y reconstrucción digital. Estas técnicas han sido usadas para acercar el conocimiento generado por la paleontología al público general por ser más amigables con el espectador que los fósiles o las ilustraciones técnicas (Díaz-Sibaja *et al.*, 2015).

Para reconstruir la fauna extinta con el mayor rigor científico se utiliza el método conocido como horquillado filogenético que consiste en utilizar la filogenia a la que pertenece el taxón extinto a reconstruir para poder llevar a cabo inferencias sobre rasgos no conocidos de los organismos que no se han podido preservar en el registro fósil como su anatomía, fisiología o tejidos blandos (Bryant, 1992; Witmer, 1995, 1998).

Este capítulo tiene como objetivo utilizar los conocimientos generados en este trabajo y los estudios previos del Laboratorio de Paleontología de la Facultad de Biología sobre el yacimiento pleistocénico de La Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, para llevar a cabo ilustraciones paleontológicas del paleoambiente y la mastofauna extinta reportada. La finalidad de estas ilustraciones es recrear el ambiente pretérito de la cuenca de Cuitzeo durante el Pleistoceno tardío y su uso como medio de divulgación científica.

## Métodos

Con el objetivo de llevar a cabo la recreación artística del paleoambiente y la mastofauna que habitó durante el Pleistoceno tardío en LC-PT se hizo uso de técnicas de dibujo tradicional a lápiz y manipulación digital.

### Mastofauna de LC-PT

La mastofauna terrestre del yacimiento LC-PT es muy diversa, incluye 9 órdenes, 25 familias, 40 géneros y 53 especies de mamíferos, de las cuales 7 órdenes, 16 familias, 25 géneros y 28 especies representan a taxones extintos en la actualidad. La mastofauna extinta a ilustrar pertenecen a los órdenes Cetartiodactyla (*Bison antiquus*, *B. latifrons*, *Capromeryx minor*, *Tetrameryx shuleri*, *Stockoceros conklingi*, *Camelops hesternus*, *Hemiauchenia macrocephala*, *H. gracilis*, *Platygonus compressus*), Carnivora (*Arctodus simus*, *Tremarctos floridanus*, *Panthera atrox*, *Smilodon fatalis* y *Aenocyon dirus*), Cingulata (*Glyptotherium cylindricum*, *Holmesina septentrionalis* y *Pamphaterium mexicanum*), Folivora (*Notrotheriops shastensis*, *Megalonyx jeffersonii* y *Paramylodon harlani*) Proboscidea (*Mammuthus columbi* y *Cuvieronius hyodon*), Perissodactyla (*Equus conversidens*, *E. mexicanus* y *Haringtonhippus francisci*), Rodentia (*Nechoerus aesopi* y *Neotoma tlapacoyana*) y Lagomorpha (*Aztlanolagus agilis*).

Para ilustrar estos 28 taxones extintos con el mayor rigor científico se empleó literatura sobre anatomía mamiferiana (e. g. Ellenberger *et al.*, 1949; Hultgren, 1993; Goldfinger, 2004; McCracken *et al.*, 2008), osteologías de cada grupo (e. g. Huxley, 1865; Merriam, 1912; Stock, 1925; Merriam y Stock, 1932; Skinner y kaisen, 1947; Webb, 1965; Olsen, 1972; Pacheco *et al.*, 1986; Savage y long, 1986; Zurita *et al.*, 2018) y se hizo uso del método de horquillado filogenético (Bryant, 1992; Witmer, 1995, 1998). Se usó material de referencia que contuviera fotografías e ilustraciones de parientes actuales (Nowak, 1983; Ceballos, 2014; Castelló, 2016, 2018) y de los taxones extintos o parientes cercanos (Croft, 2016; Prothero, 2016).

Para reconstruir los taxa actuales se utilizó como referencia las fotografías incluidas en *Mammals of México* (Ceballos, 2014).

### **Vegetacion de LC-PT.**

Israde-Alcántara y colaboradores (2010) reporta polen de elementos de origen templado (e. g. *Pinus*, *Quercus*, *Alnus*, *Fraxinus*, *Salix*), elementos herbáceos a arbustivos (e. g. Agavaceae, Asteraceas de espinas largas, Poaceas) y elementos con requerimientos de humedad alta (e. g. Pteridofitas monoletes y triletes) se propone reconstruir al yacimiento con una estructura similar a la de las sabanas que corresponden a zonas en ecotono, donde los elementos herbáceos/arbustivos colindan y compiten con una estructura vegetal cerrada como los componentes de un bosque templado.

Para recrear la vegetación y la estructura de la misma se utilizó literatura sobre ilustración de paisaje y de vegetación en general (Lee, 1994; Willenbrink y Willenbrink, 2006). Para recrear con mayor exactitud las formas arbóreas y arbustivas se utilizó material de referencia (fotografías e ilustraciones) de vegetación de México ([www.naturalista mx](http://www.naturalista.mx); Rzendowski *et al.*, 2005; Rzendowski, 2006).

## Paleoambiente de LC-PT

Para recrear el paleoambiente se llevaron a cabo tres ilustraciones que comprendan el paisaje completo de LC-PT:

**Primera sección del paleoambiente:** Comprende los elementos de vegetación acuática, bosque de galería, pastos acuáticos y un cuerpo de agua (paleolago). En esta sección se ilustró la fauna semiacuática como *Neochoerus aesopi*, *Lontra longicaudis* y algunos mamíferos que aprovecharon el cuerpo de agua permanente. Para complementar la imagen se incluyó parte de la ictiofauna, avifauna y herpetofauna reportada para el yacimiento (De la Paz-Ruiz *et al.*, 2017; Moreno-Flores, 2018 y Díaz-Sibaja *et al.*, 2018).

**Segunda y tercera sección del paleoambiente:** Corresponde a la zona de dosel abierto con pocos manchones de vegetación cerrada, donde se ilustraron plantas pertenecientes al estrato herbáceo y arbustivo. Los manchones de vegetación arbórea incluye elementos correspondientes a vegetación del tipo templado. Los taxones ilustrados en esta sección corresponden a la megafauna de hábitos mixtos y pasedores como el proboscideo *Mammuthus columbi*, las familias Bovidae, Cervidae, Camelidae, el orden Cingulata, parte del orden Folivora (*Paramylodon harlani*), además de algunos carnívoros como *Aeocyon dirus* que habitó en zonas abiertas y algún generalista como *Canis latrans* y *Puma concolor*.

**cuarta sección del paleoambiente:** Ésta plantea representar un fragmento de la zona en transición (Zona abierta) y mayormente la zona cerrada que comprende al bosque templado. La vegetación ilustrada corresponde a los géneros *Pinus*, *Quercus* y algunas pteridofitas como *Polypodium*. Los taxones ilustrados en este caso pertenecen en su mayoría a las familias Antilocapridae, Camelidae, Cervidae, Felidae, Ursidae y al orden Folivora (*Nothrotheriops shastensis* y *Megalonyx jeffersonii*).

Las ilustraciones de los taxones y del paleoambiente se escanearon a 300 ppp (puntos por pulgada), los archivos se exportaron en formato PNG para su manejo en la computadora, posteriormente se usó el programa de diseño gráfico

Adobe Photoshop CC 2019. Para llevar a cabo la edición de las ilustraciones como medio periférico se utilizó una tableta de ilustración digital INTUOS Pen Tablet de la marca WACOM.

## Resultados

### Ilustraciones de la Megafauna

A continuación se enlistan las paleoilustraciones individuales de la fauna extinta del yacimiento LC-PT en orden taxonómico.

#### *Superorden Xenarthra*

Este superorden incluye al orden Folivora: *Nothrotheriops shastensis*, *Paramylodon harlani*, *Megalonyx jeffersonii* (**Figura 1**) y al orden Cingulata: *Glyptotherium cylindricum*, *Pampatherium mexicanum* y *Holmesina septentrionalis* (**Figura 2**).

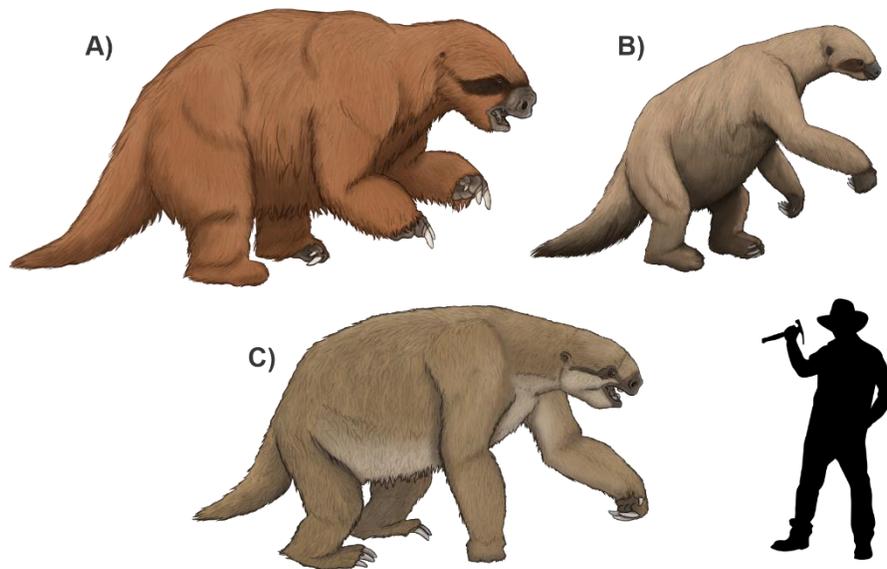


Figura 1. Ilustraciones de los representantes extintos del orden Folivora de LC-PT.

A) *Paramylodon harlani*, B) *Nothrotheriops shastensis*, C) *Megalonyx jeffersonii*. La escala de la silueta representa a un hombre adulto de 1.8 m.

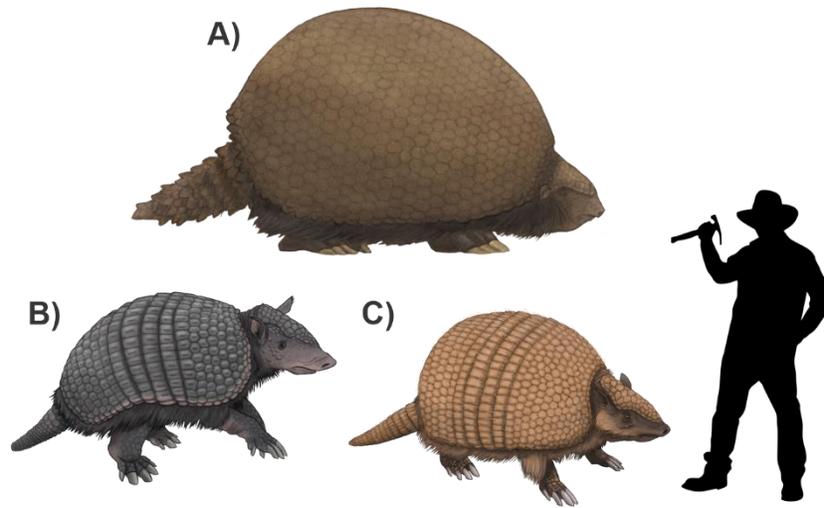


Figura 2. Ilustraciones de los representantes extintos del orden Cingulata de LC-PT.

A) *Glyptotherium cylindricum*, B) *Holmesina septentrionalis*, C) *Pampatherium mexicanum*.  
La escala de la silueta representa a un hombre adulto de 1.8 m.

### Orden Carnivora

Las especies extintas del orden Carnivora presentes en el yacimiento corresponden a las familias Canidae; *Aenocyon dirus* (Figura 3, A), Ursidae; *Tremarctos floridanus* y *Arctodus simus* (Figura 3, B y C) y Felidae; *Smilodon fatalis* y *Panthera atrox* (Figura 3, D y E)

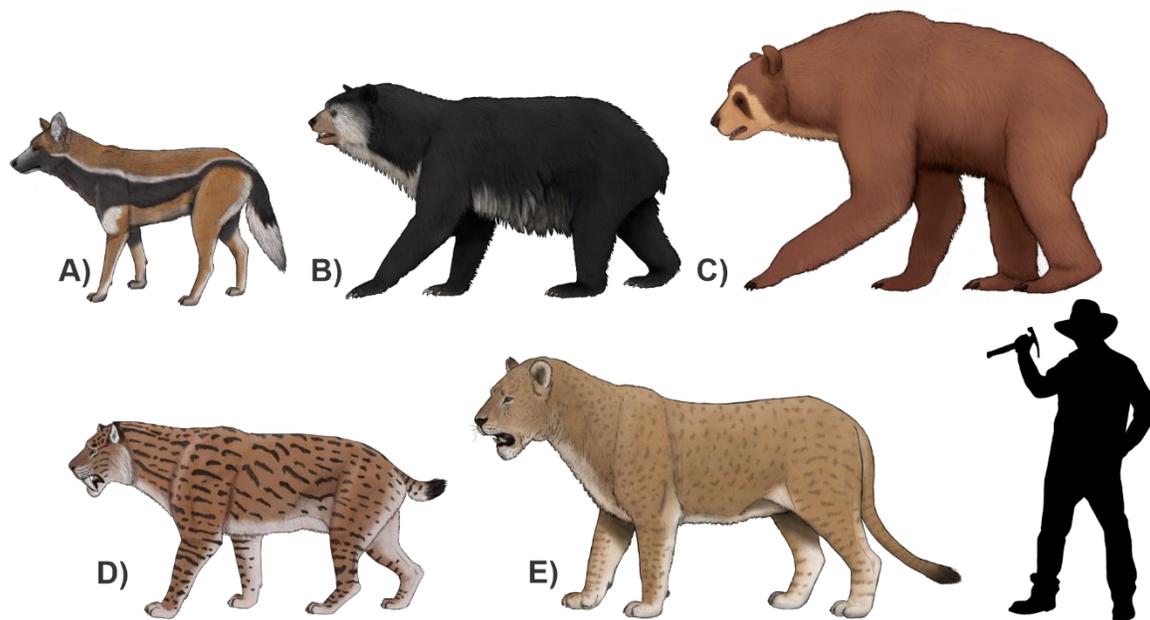
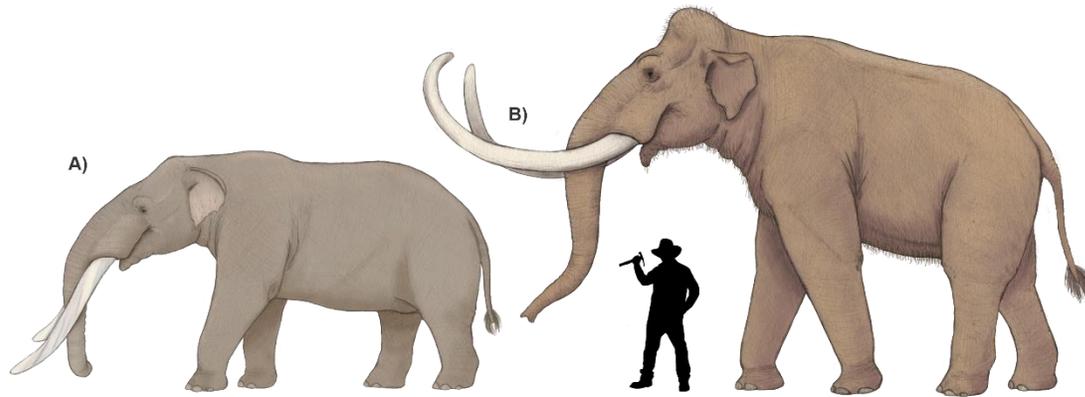


Figura 3. Ilustraciones de los representantes extintos del orden Carnivora de LC-PT.

A) *Aenocyon dirus*, B) *Tremarctos floridanus*, C) *Arctodus simus*, D) *Smilodon fatalis*, E) *Panthera atrox*. La escala de la silueta representa a un hombre adulto de 1.8 m.

## **Orden Proboscidea**

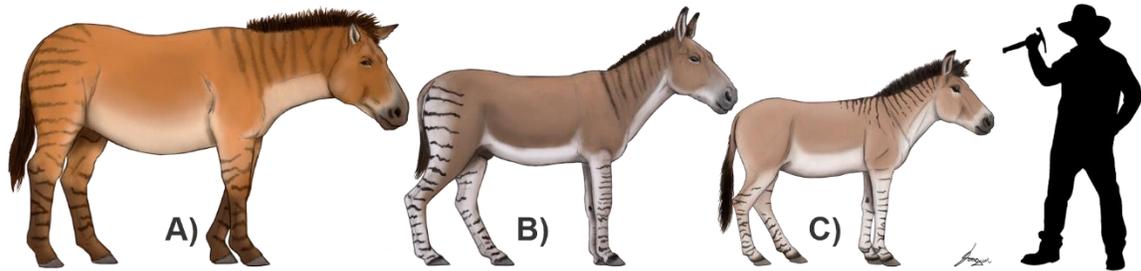
Este orden se encuentra representado en el yacimiento por la familia Gomphotheriidae; *Cuvieronius hyodon* (**Figura 4, A**) y la familia Elephantidae; *Mammuthus columbi* (**Figura 4, B**)



**Figura 4. Ilustraciones de los representantes extintos del orden Proboscidea de LC-PT. A) *Cuvieronius hyodon*, B) *Mammuthus columbi*. La silueta representa a un hombre adulto de 1.8 m.**

### **Orden Perissodactyla (Familia Equidae)**

Este orden está representado por la familia Equidae, que cuenta con el registro de de dos géneros y tres especies: *Equus mexicanus*, *Equus conversidens* (Figura 5, A y B) y *Harintonhippus francisci* (Figura 5, C)

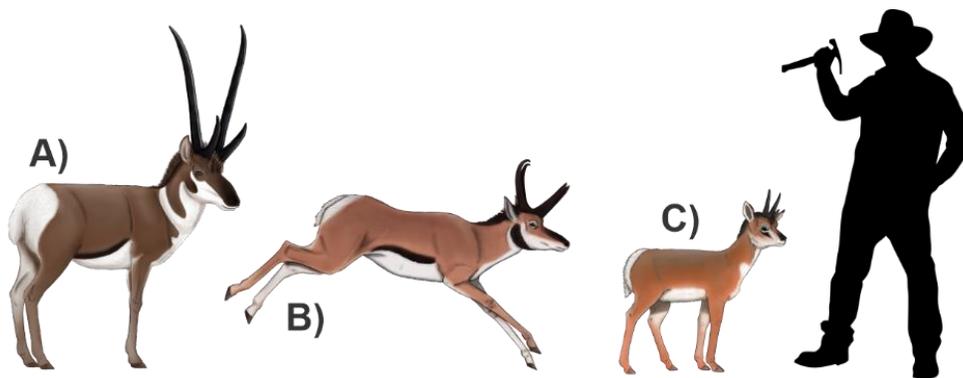


**Figura 5. Ilustraciones de los representantes extintos del orden Perissodactyla (Familia Equidae) de LC-PT.**

**A) *Equus mexicanus*, B) *Equus conversidens*, C) *Harintonhippus francisci*. La silueta representa a un hombre adulto de 1.8 m.**

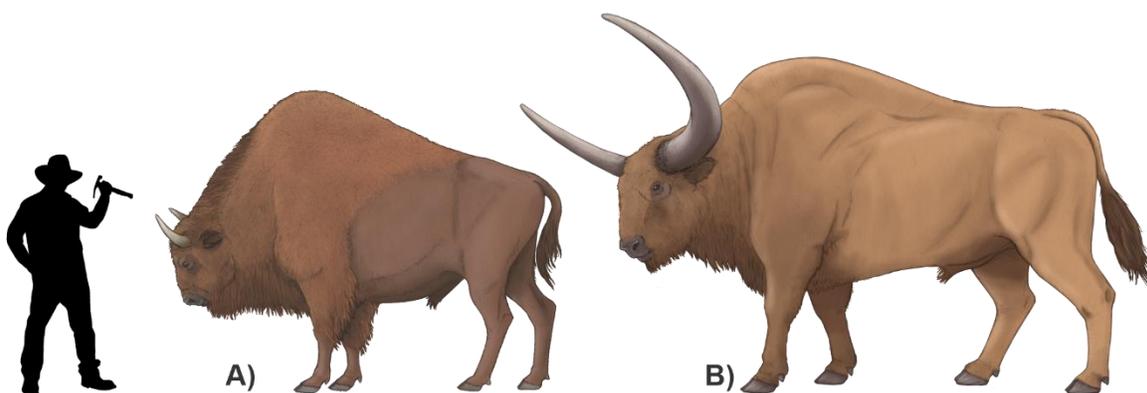
### **Orden Cetartiodactyla**

Este orden es uno de los más ricos del yacimiento, pues cuenta con 9 especies extintas repartidas en las familias Antilocapridae; *Tetrameryx shuleri*, *Stockoceros conklingi* y *Capromeryx minor* (**Figura 6**), Bovidae; *Bison antiquus* y *Bison latifrons* (**Figura 7**), Camelidae; *Hemiauchenia gracilis*, *Hemiauchenia macrocephala* y *Camelops hesternus* (**Figura 8**) y Tayassuidae; *Platygonus compressus* (**Figura 9**).



**Figura 6.** Ilustraciones de los representantes extintos de la Familia Antilocapridae de LC-PT.

A) *Tetrameryx shuleri*, B) *Stockoceros conklingi*, C) *Capromeryx minor*. La silueta representa a un hombre adulto de 1.8 m.



**Figura 7.** Ilustraciones de los representantes extintos de la Familia Bovidae de LC-PT.

A) *Bison antiquus*, B) *Bison latifrons*. La silueta representa a un hombre adulto de 1.8 m.

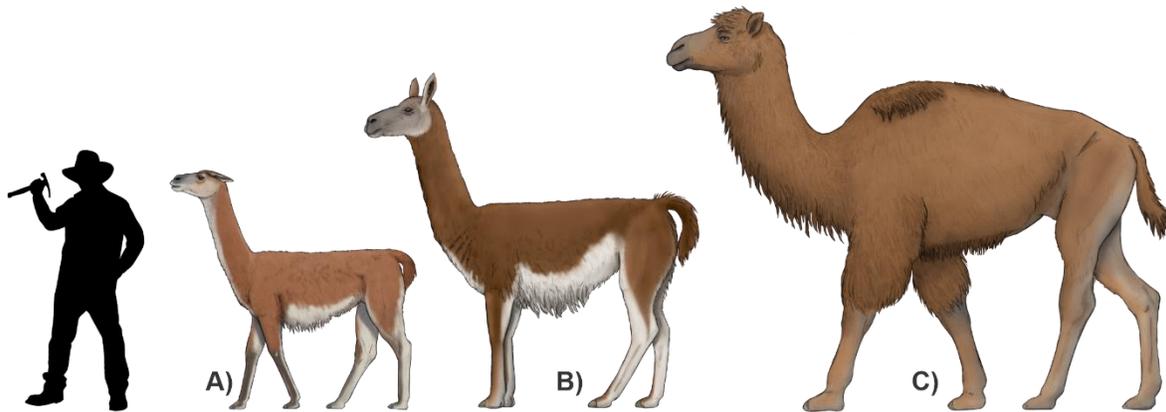


Figura 8. Ilustraciones de los representantes extintos de la familia Camelidae de LC-PT.

A) *Hemiauchenia gracilis*, B) *Hemiauchenia macrocephala*, C) *Camelops hesternus*. La escala de la silueta representa a un hombre adulto de 1.8 m.

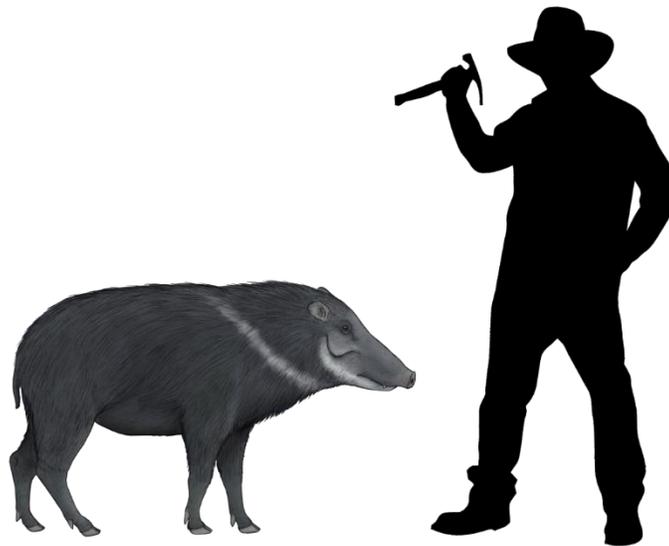


Figura 9. Ilustración del representante extinto de la familia Tayassuidae (*Platygonus compressus*) de LC-PT. La silueta representa a un hombre adulto de 1.8 m.

## Órdenes Rodentia y Lagomorpha

El orden Rodentia fue de los menos afectados en su riqueza de especies durante la extinción a finales del Pleistoceno, en el yacimiento se cuenta con el registro de la familia Caviidae con *Nechoerus aesopi* (Figura 10), el único representante extinto de la Familia Cricetidae; *Neotoma tlapacoyana* (Figura 11, A) y por último el único representante extinto del orden Lagomorpha; *Aztlanolagus agilis* (Figura 11, B).

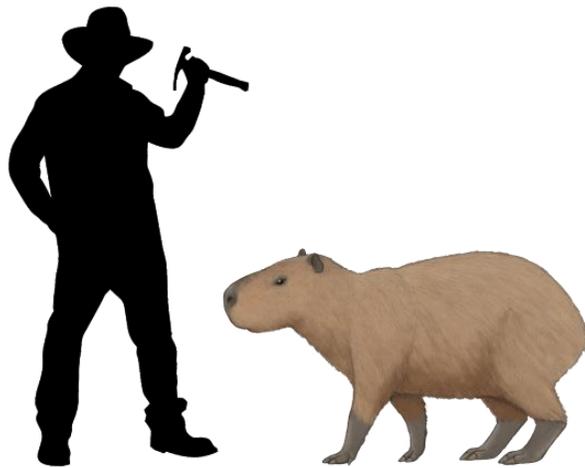


Figura 10. Ilustración del único representante de la familia Caviidae (*Nechoerus aesopi*) de LC-PT. La silueta representa a un hombre adulto de 1.8 m.

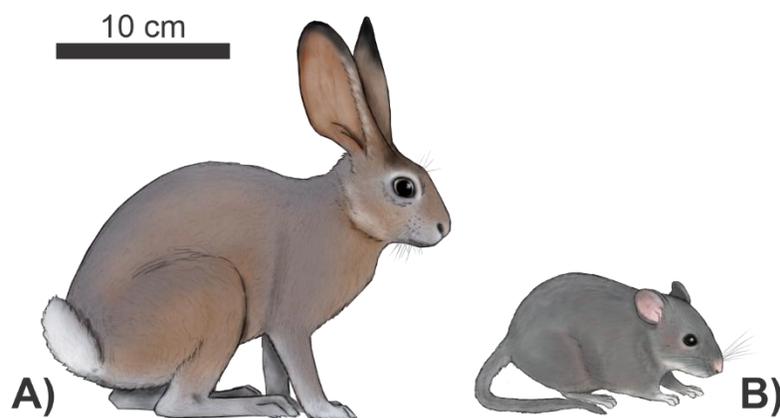


Figura 11. Ilustraciones de los representantes extintos de la familia Cricetidae y Leporidae del yacimiento LC-PT. A) *Aztlanolagus agilis*, B) *Neotoma tlapacoyana*. Escala 10 cm.

## Ilustraciones del Paleambiente de La Cinta-Portalitos, Michoacan-Guanajuato.

Se llevaron a cabo cuatro ilustraciones (**Figuras 12, 14, 16 y 18**) que representan el paleoambiente del yacimiento y la fauna que lo habitó durante el Pleistoceno tardío, las cuatro ilustraciones son complementarias ya que forman un solo paisaje. La zona del paleoambiente que se eligió reconstruir corresponde a la zona noreste ya que esta no ha sufrido cambios geomorfológicos importantes desde el Plioceno que fue cuando se formaron las coladas volcánicas que caracterizan a esa zona (*Silke et al.*, 2010). Cada una de las ilustraciones viene acompañada de la misma figura en escala de grises (**Figuras 13, 15, 17 Y 19**) donde por medio de la numeración se puede identificar a la fauna ilustrada.

### **Zona 1. Paleolago y vegetación de galería.**

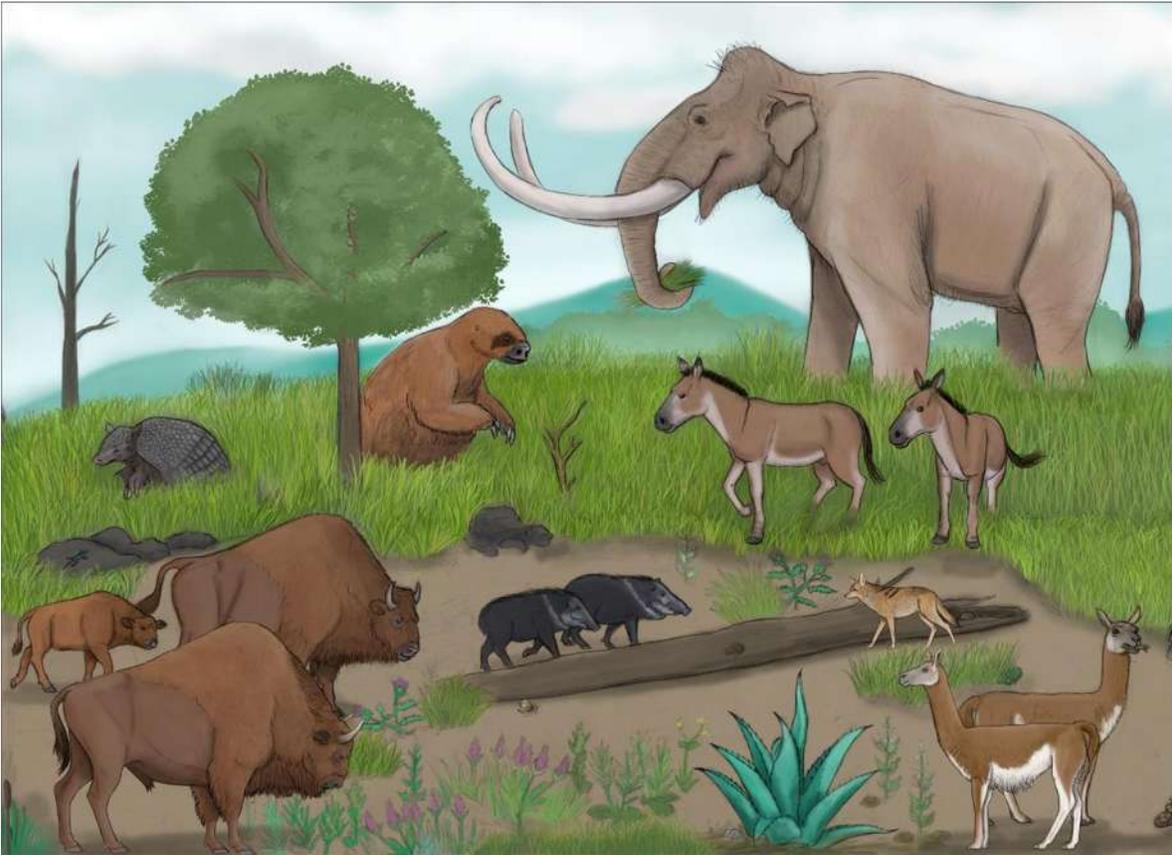


**Figura 12. Zona 1. Paleolago y vegetación de galería. Vegetación ilustrada corresponde a *Salix*, *Fraxinus*, *Alnus* (vegetación arborea), *Phragmites* y *Typha* (vegetación acuática).**



Figura 13. Zona 1. Paleolago y vegetación de galería. La numeración corresponde a los siguientes taxones: 1. *Tremarctos floridanus*, 2. *Odocoileus virginianus*, 3. *Cuvieronius hyodon*, 4. *Procyon lotor*, 5. *Neochœrus aesopi*, 6. *Thamnophis* sp. 7. *Cairina moschata*, 8. *Equus mexicanus*, 9. *Podiceps nigricollis*, 10. *Ahytya collaris*, 11. *Podilymbus podiceps*, 12, *Kinosternon* sp., 13. *Lontra longicaudis* y su presa, un pez siluriforme de la familia Ictaluridae.

**Zona 2 y 3. Zona abierta, pastizal y vegetación arbustiva.**



**Figura 14. Zona 2. Fragmento de la zona abierta, donde podemos observar elementos arbustivos en la parte inferior como: *Artemisia*, Cheno-Am (*Chenopodium* y Fam. *Amarantaceae*), , asteraceas de espinas largas (*Cirsium*), *Thalictrum* y *Agave*. El pastizal corresponde al genero *Muhlenbergia*. El árbol representado pertenece al género *Quercus*.**

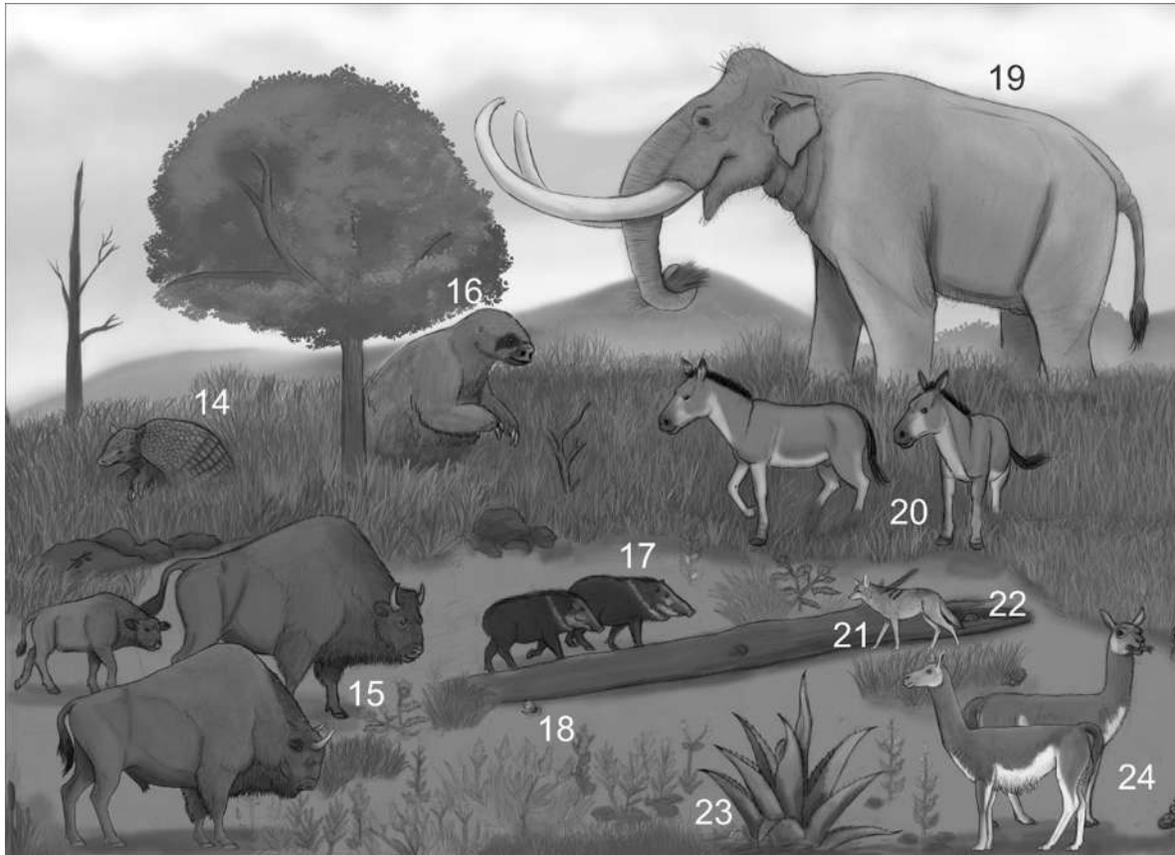


Figura 15. Zona 2. Vegetación abierta, pastizal y vegetación arbustiva. La numeración corresponde a los siguientes taxones: 14. *Holmesina septentrionalis*, 15. *Bison antiquus* y su cría, 16. *Paramylodon harlani*, 17. *Platygonus compressus*, 18. *Thomomys umbrinus*, 19. *Mammuthus columbi*, 20. *Equus conversidens*, 21. *Canis latrans*, 22. *Neotoma mexicana*, 23. *Neotoma tlapacoyana*, 24. *Hemiauchenia macrocephala*.

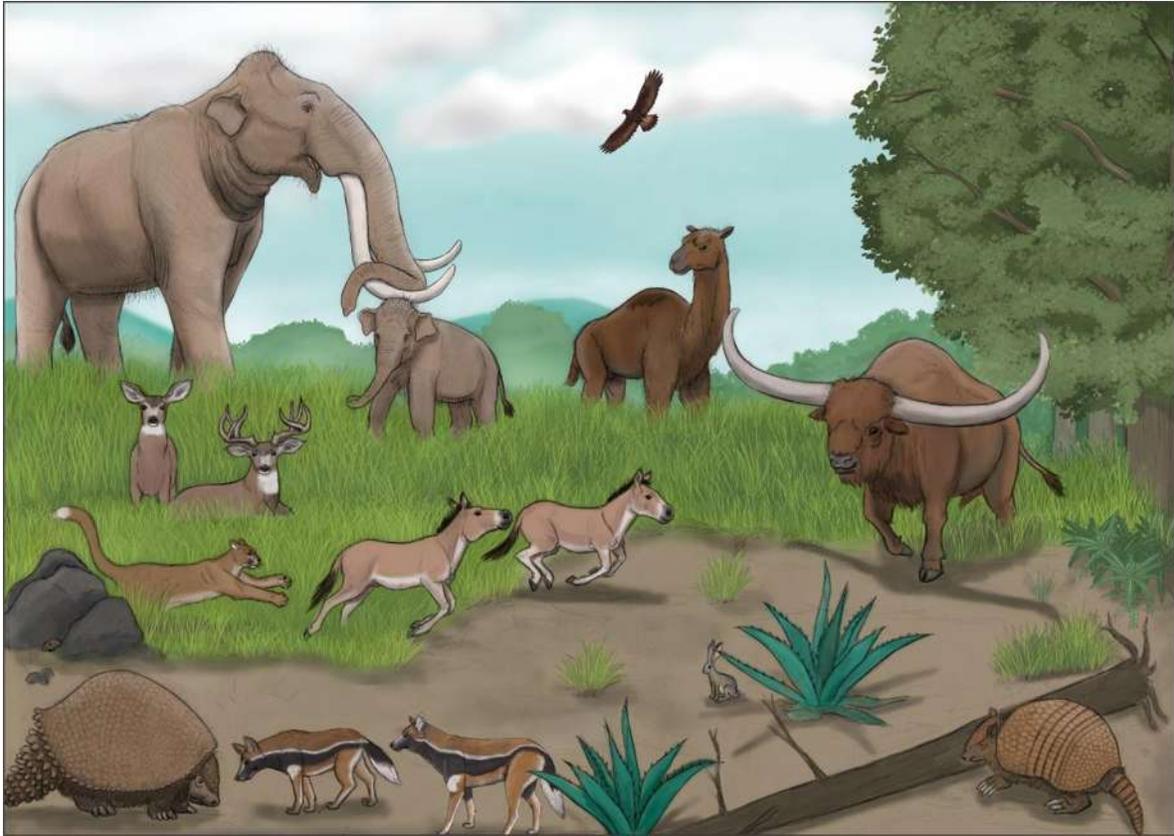


Figura 16. Zona 3. Fragmento de la zona abierta en contacto con el bosque templado, donde podemos observar elementos arbustivos en la parte inferior como *Agave* y helechos del género *Polypodium*. El árbol representado del lado derecho pertenece al género *Quercus*.

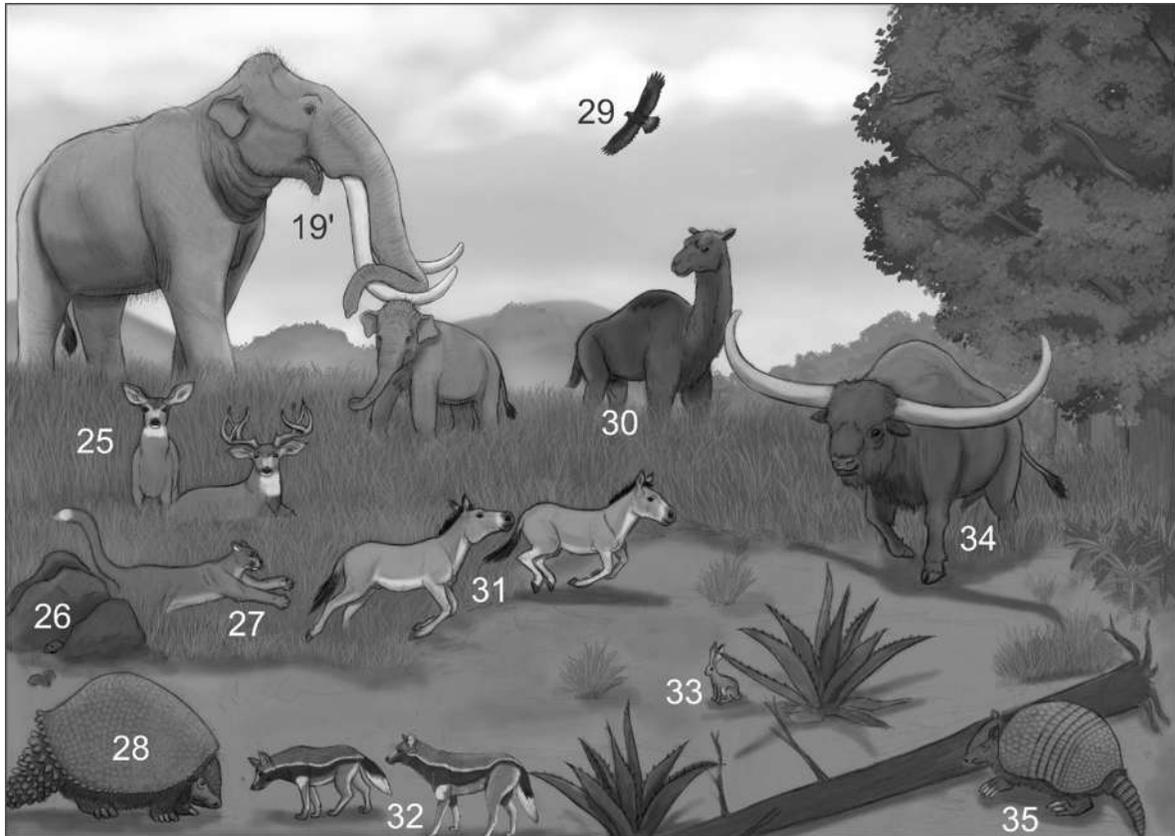


Figura 17. Zona 3. Fragmento de la zona de vegetación abierta en contacto con el bosque templado. La numeración corresponde a los siguientes taxones: 19' *Mammuthus columbi* hembra con su cría, 25. *Odocoileus hemionus*, 26. *Sigmodon hispidus*, 27. *Puma concolor*, 28. *Glyptotherium cylindricum*, 29. *Aquila chrysaetos*, 30. *Camelops hesternus*, 31. *Haringtonippus francisci*, 32. *Aenocyon dirus*, 33. *Lepus alleni*, 34. *Bison latifrons*, 35. *Pampatherium mexicanum*.

#### Zona 4. Vegetación cerrada, bosque templado



Figura 18. Zona 4. Vegetación cerrada, bosque templado. Donde se puede observar elementos típicos de bosque de pino-encino (*Pinus* representado al centro y *Quercus* en las esquinas) además del género *Carpinus* (centro), los helechos representados pertenecen del género *Polypodium* y *Pecluma*.



Figura 19. Zona 4. Vegetación cerrada, bosque templado. La numeración corresponde a los siguientes taxones: 36. *Azlanolagus agilis*, 37. *Leopardus pardalis*, 38. *Urocyon cinereoargenteus*, 39. *Smilodon fatalis* y su cría, 40. *Sigmodon alleni*, 41. *Arctodus simus*, 42. *Nothrotheriops shastensis*, 43. *Hemiauchenia gracilis*, 44. *Capromeryx minor*, 45. *Stockoceros conklingii*, 46. *Tetrameryx shuleri*, 47. *Sylvilagus cunicularius*, 48. *Lynx rufus*, 49. *Megalonyx jeffersonii*, 50. *Panthera atrox*.

## Discusión

### Reconstrucción de los Taxones Extintos de LC-PT.

Cuando se trata de representar organismos extintos, el ilustrador suele basarse en trabajos anteriores hechos por otros artistas y esto lleva a repetir errores o malinterpretaciones. Para evitar ésto se debe hacer uso de la información más reciente publicada de cada grupo que apoyará para ilustrar a la mastofauna extinta del yacimiento. Además, se hizo uso del método conocido como horquillado filogenético, el cual es un método de inferencia utilizado en ciencias biológicas, se trata de inferir la probabilidad de rasgos desconocidos en organismos en función de su filogenia. Este método se utiliza para comprender rasgos que no se suelen conservar en el registro fósil como lo son tejidos blandos, pelaje, coloración y ciertos detalles anatómicos como la postura del taxón a ilustrar (Bryant y Russell, 1992; Witmer, 1995, 1997)

Los órdenes más sencillos de reconstruir fue Proboscidea y Perissodactyla (**Figuras 4 y 5**), ya que existen tanto osteologías del género *Mammuthus* (Olsen, 1972), guías anatómicas para ilustradores que representan la musculatura de proboscidios (e. g. Hultgren, 1993; Marchant y Shoshani, 2007; Marshall, 2010) y material que apoya a la reconstrucción de los équidos extintos (Owen, 1869; Hibbard; 1955; Ellenberger, 1956; Heintzman *et al.*, 2017).

Actualmente existen dos representantes del orden que apoyan tanto para conocer la textura y forma de la piel como la coloración de los taxones. Por ejemplo, se eligió la coloración de *Loxodonta cyclotis* para *C. hyodon* ya que por diferentes estudios de paleodieta se sabe que era habitante de zonas abiertas como cerradas (Pérez-Crespo *et al.*, 2016, 2020). Para *M. columbi* se utilizó como referencia a *Elephas maximus* ya que es el género hermano de *Mammuthus* (Shoshani *et al.*, 2007).

Para los équidos del yacimiento (**Figura 5**) se utilizaron de referencia anatómica y para la coloración del pelaje taxones como *E. kiang*, *E. hemionus*, *E. africanus* y *E. przewalskii* (Kingdon, 2015).

Los cetartiodáctilos extintos están representados por 4 familias (Antilocapridae, Bovidae, Camelidae y Tayassuidae). Los antilocapridos actualmente sólo están representados por un solo género y especie, por lo cual se decidió utilizar a *Antilocapra americana* como referencia de musculatura y patrones del pelaje para *Capromeryx minor*, *Tetrameryx shuleri* y *Stockoceros conklingii* (**Figura 6**).

Para los representantes de la familia Bovidae (*Bison antiquus* y *B. latifrons*, **Figura 7**) se utilizaron como referencia tanto de musculatura y pelaje a las dos especies de bisontes actuales (*B. bison* y *B. bonasus*). La coloración del pelaje de *B. antiquus* es un intermedio entre las dos especies actuales, esto con base en que este taxón representa al ancestro del bisonte americano actual (Wilson *et al.*, 2008). Para *B. latifrons* se utilizó una coloración más clara y una menor cobertura de pelaje, ya que es una tendencia que siguen los bóvidos grandes como *Bos gaurus* (Castelló, 2016).

En los camélidos (*Hemiauchenia gracilis*, *H. macrocephala* y *Camelops hesternus*, **Figura 8**) se utilizaron referencias osteológicas de las llamas actuales (Pacheco, 1996) y la osteología de *Camelops* (Webb, 1965). Para la coloración de los representantes del género *Hemiauchenia* se utilizó de referencia a los guanacos (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Vicugna vicugna*) ya que el género *Hemiauchenia* es morfológicamente similar a este linaje de la tribu Lamini (Meachen, 2005). Para *C. hesternus* se utilizó de referencia a *Camelus bactrianus* y a *C. ferus* como referencia de coloración y de distribución de pelaje.

*Platygonus compressus* (**Figura 9**) es el único representante de la familia Tayassuide presente en LC-PT, para ilustrarlo de manera adecuada se utilizó de referencia osteológica el trabajo de Prothero (2021) y para la coloración se usó tanto a *Peccari tajacu* como *Tayassu peccari* como referencia.

Carnívora fue un orden interesante de ilustrar, ya que de estos taxones existe nueva información que apoya al momento de decidir la coloración del pelaje. Los félidos extintos, ilustrados en este trabajo, fueron *Smilodon fatalis* y *Panthera atrox* (**Figura 3, D y E**). Para la construcción del esqueleto base de las ilustraciones fue

requerido el trabajo de Merriam y Stock (1932), que cuenta con muy buen material de referencia de varios individuos de los dos géneros mencionados. Para la musculatura de estos félidos fue importante utilizar como referencia las ilustraciones llevadas a cabo por Mauricio Antón en el libro de *The Big Cats and Their Fossil Relatives* (Turner, 1997), es una de las mejores guías para reconstruir félidos extintos, también se usó de apoyo las ilustraciones guía de Ellenberger (1956) donde muestran a *P. leo* en varias posiciones y detalles finos adaptando a las proporciones de *P. atrox*.

Para las coloraciones se utilizaron las inferencias de paleodieta, como en el caso de *S. fatalis*, al ser un representante de la subfamilia Machairodontinae, que no cuenta con parientes cercanos actuales, se utilizó una coloración y un patrón de manchas basados en *Lynx rufus*, habitante de zonas de vegetación densa (Sunsquist y Sunsquist, 2002) esto a razón de que estudios de isótopos estables infieren que *S. fatalis* consumía taxones con dieta exclusivamente ramoneadora (Trayler *et al.*, 2015; Desantis, 2018).

La coloración y patrón del pelaje de *P. atrox* fue obtenida de restos de piel adherida a restos recuperados en Sudamérica (Patagonia), que infieren que la coloración de este panterino era en tonos marrones-rojizos y por pinturas rupestres reportadas para Argentina, mencionan a un félido grande con manchas oscuras pero diferentes a *P. onca* que es nativo de la zona (Chimento y Agnolin, 2017). Se decidió utilizar esta nueva información para el aspecto del león americano conjuntándola con datos isotópicos de América del Norte que infieren que, *P. atrox* se alimentaba de presas exclusivamente ramoneadoras y era habitante de zonas cerradas (Trayler *et al.*, 2015), contrario a lo que antiguamente se había planteado como habitante de zonas abiertas como su pariente cercano actual, *P. leo* (Kürten y Anderson, 1980).

La especie *Aenocyon dirus* (**Figura 3, A**) fue un cánido ampliamente distribuido tanto en América del Norte como América del Sur (Kürten y Anderson, 1980; Dundas, 1999; Ferrusquía-Villafranca, 2010) y recientemente descubierto en el noreste de China (Lu *et al.*, 2021). Anteriormente era asignado al género *Canis*

dada su similitud morfológica con *C. lupus*. Gracias a nueva información, obtenida por medio de ADN antiguo, se sabe que su linaje divergió de los otros cánidos aproximadamente hace 5.7 Ma (Perri *et al.*, 2021), por lo que las reconstrucciones antiguas quedan obsoletas, ya que lo representan muy similar al lobo gris, sólo más robusto. En este trabajo se decidió utilizar a los géneros más cercanos al linaje de *A. dirus* (*Lycaon pictus* y *Lupulela* spp.) por lo que la apariencia física es similar a la de *L. pictus*, pero más robusto y la coloración del pelaje es un intermedio entre el anterior mencionado y *Lupulela*.

El Superorden Xenarthra cuenta con 6 representantes en el registro fósil del yacimiento LC-PT. Dentro del orden Pilosa (**Figura 1**) tenemos a *Nothrotheriops shastensis*, *Paramylodon harlani* y *Megalonyx jeffersonii*. Para la reconstrucción de estos taxones se utilizó la osteología de Stock (1925). En el caso particular del rostro de *Nothrotheriops shastensis* se tomó en cuenta el trabajo de Naples (1987) y para la coloración y tamaño del pelaje se consideró la información relacionada a fragmentos de piel recuperados de *N. shastensis* (Hausman, 1929; Prothero, 2016) que revelan una coloración amarillenta de su pelaje. En el caso de *Paramylodon harlani* se utilizó lo conocido para *Myiodon darwini*, un pariente sudamericano del cual se conoce fragmentos de piel con pelaje que corresponde a un color entre amarillento a marrón (Naish, 2005). En el caso de *Megalonyx jeffersonii* al no contar con coloración conocida se decidió optar por una coloración amarillenta similar a la de *Nothrotheriops*.

La reconstrucción de los pampaterios (**Figura 2, B y C**) fue complicada ya que para México mayormente estos taxones se conocen por osteodermos aislados (Edmund, 1996), así que se optó recurrir a sus parientes cercanos recuperados en Sudamérica, como es el caso para *Pampatherium mexicanum* del cual se utilizó como referencia osteológica a *P. humboldtii* (Lima, 2013), para el caso de *Holmesina septentrionalis* el arreglo de los osteodermos se basó en el trabajo ilustrativo de Edmund (1985). El gliptodonte *Glyptotherium cylindricum* (**Figura 2, A**) se reconstruyó con base en el material presentado por Zurita *et al.*, (2018), este trabajo es muy importante por que describe a detalle la armadura de este armadillo gigante,

además de sinonimizar en dos cronoespecies a los gliptodontes presentes en el Pleistoceno Norteamericano; *Gl. texanunum* para la NALMA Blanco y *Gl. cylindricum* para el Pleistoceno medio a tardío.

El roedor hidroquerino extinto *Neocherus aesopi* (**Figura 10**) no fue un caso difícil en cuestión a su reconstrucción ilustrada ya que su morfología es similar a sus primos actuales por lo que se puede inferir que presentaban una forma corporal similar a *Hydrochoerus hydrochaeris* solo que más alto y robusto (Mones, 1991, Moreira *et al.*, 2013), además para este caso se revisó el material craneal de *N. aesopi* recuperado en Puebla y las ramas mandibulares provenientes de Chapala, Jalisco, de la colección paleontológica del Laboratorio de Arqueozoología M. en C. Ticul Alvarez Zolorzano INAH, CDMX que presentan una morfología casi idéntica pero de un tamaño considerablemente mayor al capibara actual.

Los casos más difíciles de ilustrar fueron el roedor *Neotoma tlapacoyana* (**Figura 11, B**) y el único lagomorfo extinto del yacimiento; *Aztlanolagus agilis* (**Figura 11, A**). Esto dado al escaso material del roedor cricetino *Neotoma tlapacoyana*, descrito a partir de fragmentos craneales y piezas dentales para la fauna de Tlapacoya, Estado de México (Álvarez y Hernández-Chavez, 1994) hizo difícil su reconstrucción, por lo cual se requirió llevar a cabo una ilustración hipotética de este taxón basándose en sus parientes actuales (horquillado filogenético) y utilizando la masa corporal inferida (270 g) para relacionarlo con especies actuales dentro del género *Neotoma* y así llevar a cabo su ilustración. En este caso se utilizaron las especies *N. macrotis*, *N. micropus* y *N. phenax* (Ceballos, 2014).

Para reconstruir al lagomorfo extinto *A. agilis* se recurrió a las medidas mandibulares y postcraneales presentadas en el trabajo donde lo describen por primera vez (Russell y Harris, 1986) con la intención de poder generar su imagen a la escala correcta y a la morfología postcraneal de los géneros *Lepus*, *Oryctolagus* y *Sylvilagus* (Barone, 1976; Goldfinger, 2004; McCracken 2008; Ceballos, 2014).

### ***Ilustración del paleoambiente.***

Ilustrar un paleoambiente es un reto, ya que hay que tomar en consideración tanto información climática, geológica, estructura vegetal y los taxones que habitaron en el área. Lo primero que resalta en las figuras del paleoambiente es la alta diversidad megafaunística, que debido a la heterogeneidad del ambiente pudieron coexistir en el yacimiento durante el Rancholabreano. Algo similar sucede en las sabanas africanas (e. g. Serengeti) donde a mayor heterogeneidad del ambiente mayor es la diversidad de mamíferos grandes, esto también se observa en los ambientes pretéritos de Ichetucknee River y Rancho La Brea, donde habitaron faunas similares a LC-PT (Lambert y Holling, 1998).

La estructura vegetal de LC-PT se ha inferido mediante la preferencia dietaria de algunos taxones representantes de la megafauna (Marín-Leyva *et al.*, 2015; Gutiérrez-Bedolla *et al.*, 2016; Eng-Ponce *et al.*, 2017b; Díaz-Sibaja *et al.*, 2018; Eng-Ponce, 2018; Díaz-Sibaja, 2018; Delgado-García, 2020; Cervantes-Barriga *et al.*, 2020) como por su distribución de masas corporales y atributos de su comunidad mastofaunística. Se ha inferido una estructura vegetal heterogénea entre dosel abierto y cerrado, los registros polínicos más la información obtenida por la preferencia de hábitats de taxones que aún habitan en el territorio mexicano sugieren que la vegetación que presentaba LC-PT corresponde a la de un clima templado, elementos de bosque de galería y matorral.

En la **Figura 12** se representan la vegetación típica del bosque de galería pero solo aquellos géneros que se encuentran en el registro polínico del paleolago como *Alnus*, *Fraxinus* y *Salix* (Israde-Alcántara *et al.*, 2010). De vegetación acuática se representaron los pastos del género *Phragmites* (carrizo) y *Typha* (chuspa), este tipo de pastos aún se encuentran en el lago de Cuitzeo (Silke *et al.*, 2010).

Durante la existencia de la fauna del yacimiento LC-PT el paleolago presentaba condiciones profundas, escasa a poca turbidez que permitieron que habitara ictiofauna ahora extirpada del lago como lo son los peces ictalúridos

(Familia Ictaluridae) además de otros grupos que aún están presentes en la cuenca de Cuitzeo (Familias Cyprinidae, Catostomidae, Atherinopsidae y Goodeidae) que infieren la existencia de un canal con relativa corriente (De la Paz-Ruiz *et al.*, 2017). También se representó tanto parte de la herpetofauna (Géneros *Kinosternon* y *Thamnophis*, **Figura 12**; *Sceloporus*, **Figura 14**) como la avifauna (*Ahytya collaris*, *Podiceps nigricolis*, *Podylimbus podiceps*, *Cairina moschata* y *Aquila chrysaetos*, **Figura 12 y 16**) para complementar la ilustración (Moreno-Flores, 2018; Díaz-Sibaja *et al.*, 2018).

*Neochoerus aesopi* (**Figura 12**) requería del cuerpo de agua para sobrevivir, los capibaras actualmente se alimentan de vegetación acuática y en temporada de sequía suelen alimentarse de pastizales (Moreira *et al.*, 2013). Algunos de los individuos estudiados del yacimiento muestran microdesgaste dental y firmas isotópicas presentes en pacerdor y mixto estacional (Eng-Ponce *et al.*, 2017; Eng-Ponce, 2018).

Dada la información obtenida en el **Capítulo 1** mas los estudios previos del yacimiento se infiere que LC-PT presentaba un gran componente abierto, lo cual está representado tanto en las **Figuras 14 y 16** esta estructura vegetal se pudo moldear por la influencia de los grandes mamíferos en el paleoambiente. *Mammuthus columbi* pudo haber representado el mismo nicho ecológico que presenta *Loxodonta africana* en las sabanas africanas (Laursen y Beckoff, 1978). *M. columbi* presentaba una dieta mixta con tendencia pacerdora (Gutierrez-Bedolla *et al.*, 2016) pudo alimentarse de algunos elementos arbóreos al tumbarlos, de esta manera despejar la zona del componente arbóreo y dar paso a esta estructura tipo sabana. En la **Figura 16** se representa a *M. columbi* hembra con su cría, esto haciendo alusión a hallazgo un molar deciduo que pertenecía a una cría con escasos meses de nacida cuando mudó la pieza dental.

Otros taxones que pudieron apoyar a la remodelación del ambiente en tipo sabana son los cetartiodáctilos (Fam. Antilocapridae, Bovidae, Camelidae, Cervidae, Tayassuidae ), perisodáctilos (Fam. Equidae) y algunos de los xenartros (Fam. Mylodontidae, Fam. Chlamyphoridae y Pamphatheriidae). Se puede apreciar

en las ilustraciones (**Figuras 12, 14, 16 y 18**) que estos grupos taxonómicos presentaban diferentes tallas corporales que van desde los 11 kg (*Capromeryx minor*, **Figura 18**) a 1400 kg (*Paramylodon harlani*, **Figura 14**) y exhibían diferentes categorías dietarias, desde generalistas a dietas específicas como exclusivamente pacedores o ramoneadores (Díaz-Sibaja, 2018; Díaz-Sibaja *et al.*, 2018; Eng-Ponce, 2018; Marín-Leyva *et al.*, 2016, 2019b). *Odocoileus virginianus* y *Dasypus novemcinctus* actualmente constituyen a los taxones de talla grande de la cuenca de Cuitzeo, sus preferencias de hábitat son muy generalistas presentándose en varios tipos de ambientes que van de bosques templados a ambientes xéricos (Ceballos, 2014; Monterrubio-Rico *et al.*, 2019).

Las condiciones paleoclimáticas que presentaba LC-PT durante esta temporalidad eran templadas (13-15°C) y mésico (Díaz-Sibaja, 2018; Delgado-García, 2020). Se sabe que el Cinturón Volcánico Transmexicano presentaba vegetación templada durante el Pleistoceno tardío y gracias a los estudios polínicos se sabe que la vegetación como el zacatonal y los bosques templados recorrieron su distribución altitudinal, por lo que durante el Rancholabreano el zacatonal, bosque templado y bosque mesófilo se encontraban a 1000 metros debajo de su posición actual pudiéndose encontrar a altitudes menores a los 2000 m.s.n.m. como los que presenta LC-PT (Silke *et al.*, 2010; Caballero *et al.*, 2010). Cabe recalcar que se decidió ilustrar la vegetación solo a nivel de género ya que el registro polínico del lago de Cuitzeo no ofrece identificación a nivel de especie.

Actualmente en América del Norte se presentan estructuras vegetales del tipo sabana aunque usualmente no son llamadas de esa manera (e. g. pradera, parkland y estepa), algunos autores las denominan como zonas de ecotono (Simberloff y Gotelli, 1984; Gosz, 1993; Kettle *et al.*, 2000) ya que presentan paisajes en mosaico que incluyen pastizales, bosque cerrado/abierto y vegetación arbustiva (Fowler y Beckage, 2019).

Dadas las condiciones que presentó el yacimiento en el momento antes del depósito del material fósil, que hablan de zonas de inundación podría haber existido un tipo de estructura vegetal conocida como parkland. Este tipo de estructura vegetal suele

desarrollarse en suelos planos con una estación lluviosa corta pero de alta precipitación donde en zonas que presentan mayor elevación se forman manchones de vegetación arbórea, vegetación arbustiva y los pastizales (Walter, 1984). LC-PT dada su ubicación geográfica presentaba la temporada lluviosa en el verano ya que pertenece a la zonorobioma de las montañas “tropicales” con lluvias en verano (Walter, 1984). La precipitación media anual estimada para el yacimiento se encuentra entre los 514 mm (Díaz-Sibaja, 2018) y los 650 a 1000 mm según lo obtenido por el modelo bioclimático cuatitativo (**Figura 10, Capítulo 2**).

Durante el UGM el parkland se encontraban mayormente al oeste de Estados Unidos, predominantemente el estrato arbóreo estaba dominado por *Picea*, *Abies* y *Pinus* en mosaico con vegetación arbustiva, encontrándose a altitudes entre los 1500-2500 m.s.n.m. (Tallis, 1991; Ray y Adams 2001). LC-PT se encuentra en altitudes similares, lo que hace muy plausible este tipo estructura pero con elementos arbóreos dominantes del género *Quercus* y *Pinus*. La zona de la sabana/Parkland ilustrada en este trabajo (**Figuras 14 y 16**) muestra este terreno plano y el pastizal se encuentra en la parte con mayor elevación en el terreno.

El bosque templado (**Figura 18**) que se presentaba en las inmediaciones de LC-PT dada la alta humedad durante el momento donde existió la mastofauna podría haber contenido elementos de bosque mesófilo, actualmente estos bosques se encuentran entre los 2500 y 2800 m.s.n.m., pero durante la NALMA Rancholabreano se presentaron en altitudes inferiores a los 2000 m.s.n.m. Además, el registro polínico de Cuitzeo cuenta con presencia de estos elementos (Rzendowski *et al.*, 2005; Israde-Alcántara *et al.*, 2010).

Lo interesante del bosque templado de LC-PT (**Figura 18**) es que habitaran taxones de la megafauna como los folívoros *Nothrotheriops shastensis*, *Megalonyx jeffersonii*, el úrsido *Arctodus simus*, félidos como *Smilodon fatalis* y *Panthera atrox*. La diversidad de carnívoros de la cuenca en la actualidad es diferente, representada por organismos de talla pequeña a mediana siendo lo más grande *Puma concolor*, algunos mustélidos y mefítidos (Monterrubio-Rico *et al.*, 2019)

El llevar a cabo esta reconstrucción ilustrada sirve para mostrar esta riqueza faunística que habitó durante el Pleistoceno tardío y el cambio de la vegetación de la cuenca de Cuitzeo. Actualmente la mayoría de la cuenca presentan perturbación por el cambio de uso de suelo, la vegetación nativa ahora está representada predominantemente por matorrales subtropicales en ecotono con mezquital, pastizales y en las zonas altas los bosques de pino-encino (Silke *et al.*, 2010).

## Conclusiones

La reconstrucción ilustrada de los taxones extintos es una tarea en la que se deben de considerar varios puntos, entre ellos conocer la biología de los parientes actuales, indagar sobre su anatomía y su osteología. La tarea más difícil que se lleva a cabo en este rubro es la búsqueda de respectiva información de cada uno de los taxones a ilustrar.

La fauna mas complicada de reconstruir son aquellos grupos taxonómicos que no tienen parientes directos actuales, en este caso la Subfamilia Glyptodontinae, las Familias Pamphathiidae, Nothrotheriidae, Mylodontidae, Megalonychidae y Machairodontinae. Para estos grupos algunos detalles del aspecto morfológico son especulativos y se deben de ilustrar utilizando toda la información que se pueda recabar.

Es importante conocer la información más actualizada de cada uno de los taxones extintos, ya sea sobre su paleodieta, especímenes mejor conservados y trabajos recientes de ilustradores científicos, con esto se puede representar de manera más exacta, a dichos taxones, tanto a nivel morfológico como en la ilustración dentro del paleoambiente.

La reconstrucción ilustrada de este yacimiento tiene como objetivo la divulgación científica, para que el público general conozca sobre el pasado los paleoambientes, la paleofauna y los cambios que han existido en el norte del estado de Michoacán. Esta representación del paleoambiente resume de manera ilustrativa como eran las zonas heterogéneas dentro del Cinturón Volcánico Transmexicano y en específico zonas cercanas al norte del paleolago de Cuitzeo por lo que puede ser usada en pláticas, en museos y exhibiciones del material fósil de LC-PT.

## Bibliografía Citada

- Álvarez, S. T., & Hernández-Chávez, J. J. 1994. **Estudio de los restos de Neotoma (Rodentia; Cricetidae) del Pleistoceno-Holoceno de Tlapacoya, Estado de México, México con descripción de dos nuevos taxa.** Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, 7(2), 1-11.
- Ansón, M., Hernández Fernández, M., & Saura, P. A. 2015. **Paleoart: term and conditions (a survey among paleontologists).**
- Baucon, A. 2010. **Leonardo da Vinci, the founding father of ichnology.** Palaios, 25(6), 361-367.
- Bryant, H.N., & Russell, A.P. 1992. **The role of phylogenetic analysis in the inference of unpreserved attributes of extinct taxa.** Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 337, 405-418.
- Caballero, M., Lozano-García, S., Vázquez-Selem, L., & Ortega, B. 2010. **Evidencias de cambio climático y ambiental en registros glaciales y en cuencas lacustres del centro de México durante el último máximo glacial.** Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 62(3), 359-377.
- Castelló, J. R. 2016. **Bovids of the world: antelopes, gazelles, cattle, goats, sheep, and relatives (Vol. 104).** Princeton University Press.
- Castelló, J. R. 2018. **Canids of the world: Wolves, wild dogs, foxes, jackals, coyotes, and their relatives (Vol. 135).** Princeton University Press.
- Cervantes-Barriga, R., Marín-Leyva, A. H., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Arroyo-Cabrales, J., Schaaf, P. & Cano-Camacho, H. 202. **Taxonomy, diet and geographical provenance of fossil species of Sigmodon from west central Mexico during the late Pleistocene.** PalZ, 1-17.
- Chimento, N. R., & Agnolin, F. L. 2017. **The fossil American lion (*Panthera atrox*) in South America: palaeobiogeographical implications.** Comptes Rendus Palevol, 16(8), 850-864.
- Croft, D. A. 2016. **Horned armadillos and rafting monkeys: the fascinating fossil mammals of South America.** Indiana University Press.
- Cue-Bär, E. M. C., Villaseñor, J. L., Amezcua, L. A., Tenorio, G. C., & Manríquez, G. I. 2006. **La flora arbórea de Michoacán, México.** Boletín de la Sociedad Botánica de México, (78), 47-81.
- De la Paz-Ruíz, U., R. Díaz-Sibaja, A. F. Guzmán, and M. L. García-Zepeda. 2017. **Peces fósiles de la Cinta-Portalitos (Michoacán-Guanajuato) y sus implicaciones paleoambientales, México.** Paleontología Mexicana No. esp. 2:35.
- DeSantis L. R. G., 2018. **Dietary Ecology of *Smilodon*.** En; Smilodon: The Iconic Sabertooth. JHU Press. 153-170.
- Díaz-Sibaja, R. 2018. **Reconstrucción paleoambiental de dos yacimientos pleistocénicos (Rancholabreano) del centro-occidente de México con presencia de rumiantes fósiles.** Tesis de Doctorado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 174 pp
- Díaz-Sibaja, R., J. Eng-Ponce, U. de la Paz-Ruiz, A. H. Marín-Leyva, M. Gutiérrez-Bedolla, R. Cervantes-Barriga, R. A. Plata-Ramírez, J. R. López-García y M. L. García-Zepeda 2015. **Historia e impacto de la ilustración paleontológica en la divulgación de la Biodiversidad del pasado. Medio Ambiente,** Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 05 de Junio del 2015.

- Díaz-Sibaja, R., Jiménez-Hidalgo, E., Ponce-Saavedra, J., & García-Zepeda, M. L. 2018. **A combined mesowear analysis of Mexican *Bison antiquus* shows a generalist diet with geographical variation.** *Journal of Paleontology*, 92(6), 1130-1139.
- Díaz-Sibaja, R., Pimentel-Velázquez, J. M., García-Zepeda, M. L. y Arroyo-Cabrales, J. 2018, **Primeros registros de aves del Pleistoceno tardío (Rancholabreano) de Michoacán. Primer Simposio de Paleontología Sesión Centro-Norte.** Zacatecas, Zacatecas, México.
- Dundas, R. G. 1999. **Quaternary records of the dire wolf, *Canis dirus*, in North and South America.** *Boreas*, 28(3), 375-385.
- Edmund, A. G. 1985. **The armor of fossil giant armadillos (Pampatheriidae, Xenarthra, Mammalia).** Texas Memorial Museum, The University of Texas at Austin.
- Edmund, A. G. 1996. **A review of Pleistocene giant armadillos (Mammalia, Xenarthra, Pampatheriidae).** *Palaeoecology and palaeoenvironments of Late Cenozoic mammals*, 300-321.
- Ellenberger, W., Baum, H. A., Baum, H., Dittrich, H., Dittrich, H., y Davis, F. A. 1956. **An atlas of animal anatomy for artists.** Courier Corporation
- Ellenius, A. 1985. **The natural sciences and the arts: aspects of interaction from the Renaissance to the 20th century: an international symposium [Uppsala, 1983].** Acta Universitatis Upsaliensis.
- Eng-Ponce, J. 2018. **Perezosos (Xenarthra: Folivora) y capibaras (Rodentia: Hydrochoerinae) del yacimiento pleistocénico (Rancholabreano) de la Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 86 pp.
- Eng-Ponce, J., R. Díaz-Sibaja, A. H. Marín-Leyva, J. Arroyo-Cabrales, and M. L. García-Zepeda. 2017. **Análisis preliminar de la dieta y el hábitat de *Nechoerus aesopi* (Caviidae, Hydrochoerinae) de la Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** *Paleontología Mexicana* No. esp. 2:42.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Arroyo-Cabrales, J., Martínez-Hernández, E., Gama-Castro, J., Ruiz-González, J., Polaco, O. J., y Johnson, E. 2010. **Pleistocene mammals of Mexico: A critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provinciality.** *Quaternary International*, 217(1-2), 53-104.
- Goldfinger, E. 2004. **Animal anatomy for artists: The elements of form.** OUP USA.
- Gosz, J.R., 1993. **Ecotone hierarchies.** *Ecological Applications* 3: 369–376.
- Gutiérrez-Bedolla, M., M. L. García-Zepeda, R. López-García, J. Arroyo-Cabrales, A. H. Marín-Leyva, E. Meléndez-Herrera and A. L. Fuentes-Farías. 2016. **Diet and habitat of *Mammuthus columbi* (Falconer, 1857) from two Late Pleistocene localities in central western Mexico.** *Quaternary International* 406:137–146.
- Hausman, L. A. 1929. **The ovate bodies of the hair of *Nothrotherium shastense*.** *American Journal of Science*, 5(106), 331-333.
- Heintzman, P. D., Zazula, G. D., MacPhee, R. D., Scott, E., Cahill, J. A., McHorse, B. K., & Shapiro, B. 2017. **A new genus of horse from Pleistocene North America.** *Elife*, 6, e29944.
- Hibbard, C. W. 1955. **Pleistocene vertebrates from the Upper Becerra (Becerra Superior) Formation, valley of Tequixquiac, Mexico, with notes on other Pleistocene forms.**
- Hodges, E. R. (Ed.). 2003. **The guild handbook of scientific illustration.** John Wiley & Sons.

- Hultgren, K. 1993. **The Art of Animal Drawing: Construction, Action Analysis, Caricature**. Courier Corporation.
- Huxley, T. H. 1865. **II. On the osteology of the genus glyptodon**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, (155), 31-70.
- Israde-Alcántara, I., R. Velázquez-Durán, S. Lozano-García, J. Bischoff, G. Domínguez-Vázquez, and V. H. Garduño-Monroy. 2010. **Evolución Paleolimnológica del Lago Cuitzeo, Michoacán durante el Pleistoceno-Holoceno**. Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana 62:345–357.
- Kettle, W.D., Rich, P.M., Kindscher, K. *et al.*, 2000. **Land-use history in ecosystem restoration: a 40-year study in the prairie-forest ecotone**. Restoration Ecology 8: 307–317.
- Kingdon, J. 2015. **The Kingdon field guide to African mammals**. Bloomsbury Publishing.
- Kúrtén, B. & Anderson, E. 1980. **Pleistocene mammals of North America**. Columbia University Press, New York.
- Lambert, W. D., y Holling, C. S. 1998. **Causes of ecosystem transformation at the end of the Pleistocene: evidence from mammal body-mass distributions**. Ecosystems, 1(2), 157-175.
- Laursen, L., y Bekoff, M. 1978. **Loxodonta africana**. Mammalian Species, (92), 1-8.
- Lee J. A. 1994. **Draw 50 Flowers, Trees, and Other Plants**. Watson-Gruptill Publications, New York.
- Lima, F. G. 2013. **Análisis morfológico y afinidades de los Pamphateriidae (Mammalia, Xenarthra)** (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Lu, D., Yang, Y., Li, Q., & Ni, X. 2021. **A late Pleistocene fossil from Northeastern China is the first record of the dire wolf (Carnivora: *Canis dirus*) in Eurasia**. Quaternary International, 591, 87-92.
- Marchant, G. H., & Shoshani, J. 2007. **Head muscles of *Loxodonta africana* and *Elephas maximus* with comments on *Mammuthus primigenius* muscles**. Quaternary International, 169, 186-191.
- Marín-Leyva, A. H., Alberdi, M. T., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Schaaf, P., Arroyo-Cabrales, J., & Bastir, M. 2019. **Morfometría geométrica en elementos óseos postcraneales de los caballos del Pleistoceno tardío en México: implicaciones taxonómicas y ecomorfológicas**. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 36(2), 195-206.
- Marín-Leyva, A. H., D. DeMiguel, M. L. García-Zepeda, J. Ponce-Saavedra, J. Arroyo-Cabrales, P. Schaaf, and M. T. Alberdi. 2015. **Dietary adaptability of Late Pleistocene *Equus* from West Central Mexico**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 441:748–757.
- Marín-Leyva, A. H., Eng-Ponce, J., R. Díaz-Sibaja, M. L. García-Zepeda y J. Arroyo-Cabrales, 2019b. **Dieta y el hábitat de los perezosos terrestres de una localidad del Pleistoceno tardío en el centro occidente de México**. Paleontología Mexicana No. esp. 5: XVI Congreso Nacional de Paleontología. Chihuahua, Chihuahua. Septiembre 2019.
- Marín-Leyva, A. H., J. Arroyo-cabrales, M. L. García-zepeda, J. Ponce-saavedra, P. Schaaf, V. A. Pérez-crespo, P. Morales-puente, E. Cienfuegos-alvarado, and M. T. Alberdi. 2016b. **Feeding ecology and habitat of Late Pleistocene *Equus* horses from west-central Mexico using carbon and oxygen isotopes variation**. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 33:157–169.
- Marshall Cavendish Corporation. 2010). **Mammal Anatomy: An Illustrated Guide**. Marshall Cavendish.

- McCracken, T. O., & Kainer, R. A. 213). **Color atlas of small animal anatomy: the essentials.** John Wiley & Sons.
- Meachen, J. 2005. **A new species of *Hemiauchenia* (Artiodactyla, Camelidae) from the Late Blancan of Florida.** Florida Museum of Natural History Bulletin, 45, 435-447.
- Merriam, J. C. 1912. **The Fauna of Rancho La Brea: Canidae.** University of California Press.
- Mones, A. 1991. **Monografía de la familia Hydrochoeridae** (Mammalia: Rodentia).
- Monterrubio-Rico, T. C., Guido Lemus, D., Alanís-Gudiño, L., León-Paniagua, L., & Charre-Medellín, J. F. 2019. **Mamíferos silvestres de la cuenca de Cuitzeo, México.** Acta universitaria, 29.
- Moreira, J. R., Ferraz, K. M. P., Herrera, E. A., & Macdonald, D. W. (Eds.). 2013. **Capybara: biology, use and conservation of an exceptional neotropical species.** Springer Science & Business Media.
- Moreno-Flores, J. O., 2018. **Herpetofauna del pleistoceno tardío de La Cina-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. pp 68.
- Moser, S. 2014. **Making expert knowledge through the image: connections between antiquarian and early modern scientific illustration.** Isis, 105(1), 58-99.
- Naish, D. 2005. **Fossils explained 51: sloths.** Geology Today, 21(6), 232-238.
- Naples, V. L. 1987. **Reconstruction of cranial morphology and analysis of function in the Pleistocene ground sloth *Nothrotheriops shastense* (Mammalia, Megatheriidae).** Natural History Museum of Los Angeles County.
- Nowak, R. M., y Walker, E. P. (1999). **Walker's Mammals of the World (Vol. 1 y 2).** JHU Press
- Olsen, S. J. 1972. **Osteology for the Archaeologist: No. 3: the American Mastodon and the Woolly Mammoth.** Papers of the Peabody Museum or Archaeology and Ethnology, 56(3), i-viii.
- Owen, P. 1869. **On fossil remains of Equines from Central and South America referable to *Equus conversidens*, Ow., *Equus tau*, Ow., and *Equus arcidens*, Ow.** Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 159, 559-573.
- Owen-Smith N. D. 1988. **Megaherbivores.** Cambridge: Cambridge University.
- Pacheco Torres, V. R., Altamiro, A. J., & Guerra Porras, E. S. 1986. **The osteology of South American camelids.**
- Pérez-Crespo, V. A., Prado, J. L., Alberdi, M. T., Arroyo-Cabrales, J., & Johnson, E. (2020). **Feeding ecology of the gomphotheres (Proboscidea, Gomphotheriidae) of America.** Quaternary Science Reviews, 229, 106126.
- Pérez-Crespo, V. A., Prado, J. L., Alberdi, M. T., Arroyo-Cabrales, J., & Johnson, E. (2016). **Diet and habitat for six American Pleistocene proboscidean species using carbon and oxygen stable isotopes.** Ameghiniana, 53(1), 39-51.
- Perri, A. R., Mitchell, K. J., Mouton, A., Álvarez-Carretero, S., Hulme-Beaman, A., Haile, J., ... & Frantz, L. A. 2021. **Dire wolves were the last of an ancient New World canid lineage.** Nature, 591(7848), 87-91.
- Perri, A. R., Mitchell, K. J., Mouton, A., Álvarez-Carretero, S., Hulme-Beaman, A., Haile, J., &
- Prothero, D. R. 2016. **The Princeton field guide to prehistoric mammals** (Vol. 112). Princeton University Press.

- Prothero, D. R. 2021. **The systematics of North American Peccaries (Mammalia: Artiodactyla: tayassuidae) (Vol. 85)**. New Mexico Museum of Natural History and Science.
- Rudwick, M. J. 2008. **Georges Cuvier, fossil bones, and geological catastrophes: new translations and interpretations of the primary texts**. University of Chicago Press.
- Russell, B. D., & Harris, A. H. 1986. **A new leporine (Lagomorpha: Leporidae) from Wisconsinan deposits of the Chihuahuan Desert**. *Journal of Mammalogy*, 67(4), 632-639.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2005. **Flora fanerogámica del Valle de México**. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp. (Edición digital: INECOL 2010).
- Rzedowski, J., 2006. **Vegetación de México**. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Savage, R. J., & Long, M. R. 1986. **Mammal evolution**. British Museum (Natural History).
- Secord, J. A. 1986. **The Geological Survey of Great Britain as a research school, 1839–1855**. *History of science*, 24(3), 223-275.
- Shoshani, J., Ferretti, M. P., Lister, A. M., Agenbroad, L. D., Saegusa, H., Mol, D., & Takahashi, K. 2007. **Relationships within the Elephantinae using hyoid characters**. *Quaternary International*, 169, 174-185.
- Silke, C., Galicia, L., & Israde-Alcántara, I. 2010. **Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su Geografía y Entorno Socioambiental (1st ed.)**. Morelia, Michoacán, México: Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Simberloff, D. y Gotelli, N., 1984. **Effects of insularisation on plant species richness in the prairie-forest ecotone**. *Biological Conservation* 29: 27–46.
- Skinner, M. F., and O. C. Kaisen. 1947. **The fossil Bison of Alaska and preliminary revision of the genus**. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 89:123–256.
- Stock, C. 1925. **Cenozoic gravigrade edentates of Western North America: with special reference to the Pleistocene Megalonychinae and Mylodontidae of Rancho La Brea** (No. 331). Carnegie Institution of Washington.
- Sundquist, M. & Sundquist, F. 2002. **Wild cats of the world**. Chicago, Illinois, USA: The University of Chicago Press.
- Traylor, R. B., Dundas, R. G., Fox-Dobbs, K., & Van De Water, P. K. 2015. **Inland California during the Pleistocene-Megafaunal stable isotope records reveal new paleoecological and paleoenvironmental insights**. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 437, 132-140.
- Turner, A. 1997. **The big cats and their fossil relatives: an illustrated guide to their evolution and natural history**. Columbia University Press.
- Webb, S. D. 1965. **The osteology of Camelops (No. 1)**. Los Angeles County Museum.
- Wilson, M. C., Hills, L. V., & Shapiro, B. 2008. **Late Pleistocene northward-dispersing *Bison antiquus* from the Bighill Creek Formation, Gallelli gravel pit, Alberta, Canada, and the fate of *Bison occidentalis***. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 45(7), 827-859.
- Witmer, L. M. 1997. **The Extant Phylogenetic Bracket and the importance of reconstructing soft tissues in**. *Functional Morphology in Vertebrate Paleontology*, 19.
- Witmer, L. M., & Thomason, J. J. 1995. **The extant phylogenetic bracket and the importance of reconstructing soft tissues in fossils**. *Functional morphology in vertebrate paleontology*, 1, 19-33.

- Witton MP, Naish D, Conway J 2014. **State of the Palaeoart**. Palaeontologia Electronica, 17: 5E.
- Zurita, A. E., Gillette, D. D., Cuadrelli, F., & Carlini, A. A. 2018. **A tale of two clades: comparative study of *Glyptodon* Owen and *Glyptotherium* Osborn (Xenarthra, Cingulata, Glyptodontidae)**. Geobios, 51(3), 247-258.

## Discusión General

### Composición de la Mastofauna de LC-PT

El yacimiento pleistocénico, La Cinta-Portalitos, presenta un registro fósil de mamíferos terrestres extintos muy diverso, cuenta con 9 órdenes, 11 subórdenes, 25 familias, 42 géneros y 53 especies (**Capítulo 1, Tabla 4**). Los órdenes con mayor representación en el registro fósil del yacimiento son Rodentia, Carnivora y Cetartiodactyla y el orden con menor representación es Eulipotyphla. En la actualidad la cuenca de Cuitzeo presenta 7 órdenes, 14 familias, 35 géneros y 50 especies de mamíferos terrestres (**Capítulo 1, Tabla 7**), los órdenes mejor representados en la actualidad son Rodentia y Carnivora. Algo importante a mencionar es que al comparar las dos faunas, notamos que la cuenca de Cuitzeo presenta una gran pérdida de organismos mayores a los 8 kg y la dominancia de taxones pequeños (**Capítulo 1, Figura 19**).

La pérdida de especies en la cuenca de Cuitzeo del Pleistoceno tardío a la actualidad es muy notoria. El orden Proboscidea, Perissodactyla y Folivora se extinguieron completamente, en cambio el orden Cetartiodactyla sólo cuenta con un representante en la cuenca (*odocoileus virginianus*), en el caso del orden Cingulata todos los representantes del Pleistoceno se encuentran extintos y el representante actual pertenece a una familia diferente (Fam. Dasypodidae; *Dasyopus novencinctus*). Los órdenes Rodentia y Lagomorpha sufrieron una menor afectación en cuanto a su diversidad. Es notorio que los organismos pequeños a medianos fueron los que sobrevivieron a la extinción de finales del Pleistoceno, algunos cambiaron su distribución como *Lontra longicaudis*, *Leopardus pardalis*, *Odocoileus hemionus*, roedores que ahora son endémicos de bosque de coníferas (*Microtus quasiater*) y vegetación xérofila (*Neotoma palatina*).

## Inferencias paleoambientales y paleoclimáticas de LC-PT

La comparación visual del cenograma de LC-PT (**Capítulo 1, Figura 11**) con ambientes de vegetación abierta (**Capítulo 1, Figura 15**), cerrada (**Capítulo 1, Figura 16**), la cuenca de Cuitzeo en la actualidad (**Capítulo 1, Figura 14**) y localidades fósiles (**Capítulo 1, Figuras 17 y 18**) permite entender como las masas corporales infieren la estructura de la vegetación, las brechas que se perciben en el cenograma nos sugieren una similitud con ambientes del tipo de estructura vegetal abierta.

Los análisis llevados a cabo de modelo bioclimático cualitativo y diversidad ecológica (**Capítulo 2**) clasifican a este yacimiento a pertenecer a la zona climática/zonobioma II. Tropical con lluvias en Verano/Bosque tropical deciduo donde podemos encontrar bosques deciduos, sabanas y parkland. En el caso del modelo bioclimático, éste se basa en el rango geográfico de los taxones mientras el análisis de diversidad ecológica utiliza los atributos de masa corporal, dieta, locomoción y su clasificación taxonómica.

En sus espectros bioclimáticos (**Capítulo 2, Tabla 8**) la mayoría de sus taxones, tanto extintos como actuales, corresponden a la zona climática II o a zona climática II/III. Utilizando el método de ordenación de Escalamiento Multidimensional no métrico (**Capítulo 2, Figura 13**) podemos observar que el yacimiento LC-PT se encuentra relacionada a localidades de estas zonas climáticas pero es distante a éstas, esto se debe a que la composición faunística y tallas corporales difieren de la megafauna presente en el viejo mundo, la cual se había utilizado, ya que son las mastofaunas que aún tienen representantes de ésta.

En la clasificación climática de Walter (1984), la zona climática II se encuentra ampliamente distribuida en la actualidad y en el pasado durante el UGM estaba expandida en casi todo el territorio mexicano (Ray y Adams, 2001). Cabe recalcar que esta clasificación de zonas climáticas es muy general, se basa en la distribución geográfica y no toman en cuenta las zonas montañosas las cuales tienen su propia clasificación en orobiomas, las cuales tienen un régimen de precipitación similar a la zona climática, pero difieren en vegetación. El registro palinológico obtenido de

núcleos del lago de Cuitzeo, sugiere la presencia de vegetación arbustiva xérica, vegetación de bosque templado, vegetación de galería y pastos halófilos en la zona que habitó la mastofauna durante el Pleistoceno tardío (Israde-Alcántara *et al.*, 2010).

La información obtenida del modelo bioclimático cuantitativo (Capítulo 2, Tabla x) infiere una precipitación media anual entre 652.9-1020.6 mm para LC-PT, además, se obtuvo una duración de la temporada de sequía de 6.5-7 meses, esto nos podría hablar de una alta estacionalidad en el yacimiento, pero cabe mencionar que hay que tomar estos datos con cautela, pues como temperatura media anual se obtuvieron valores superiores a los 20°C (**Capítulo 2, Tabla 10**) lo cual no concuerda con los datos anteriormente obtenidos por Díaz-Sibaja (2018) y Delgado-García (2020) que infieren temperaturas de 13.95 °C, 15.1 °C y 19.9 °C que se obtuvieron por medio de isótopos estables.

Utilizando la información de estos métodos de inferencia paleoambiental (modelo bioclimático y diversidad ecológica) junto con lo obtenido de la distribución de masas corporales (cenograma) y la alta diversidad mastofaunística podemos interpretar a LC-PT como un ecotono. La estructura vegetal dominante presente en LC-PT durante el Pleistoceno tardío se podría haber asemejado a las sabanas templadas y al parkland, que es un tipo de vegetación heterogénea que se suele desarrollar en terrenos planos con pequeñas diferencias de elevación, que en cierta época del año tienen saturación hídrica por una corta estación lluviosa donde se forman pozas que tardan en secarse y que gradualmente se vuelven más profundas formando corrientes y lechos de ríos. En las zonas planas existe vegetación herbácea y pastizales que se secan durante la estación más caliente del año, en zonas ligeramente elevadas se forman manchones de vegetación compuesta elementos arbustivos o arbóreos, este tipo de estructura vegetal como tal no es una sabana pero suelen presentarse de manera contigua (Walter, 1984).

LC-PT tiene evidencia de áreas de inundación y de condiciones méxicas durante el tiempo de formación del depósito (Díaz-Sibaja, 2018) lo que hace plausible que LC-PT haya presentado una estructura vegetal del tipo

sabana/parkland en ecotono con bosque templado en el terreno con mayor elevación cercano a las laderas de los edificios volcánicos presentes en el noreste del yacimiento.

Otro punto a tocar sobre la estructura vegetal, es la modificación que podría sufrir la vegetación por la megafauna. El yacimiento al contar con una gran cantidad de taxones correspondientes a mamíferos de talla superior a los 8 kg (**Capítulo 1, figura 19**), los cuales podrían haber influido en gran manera en la estructura vegetal de este paleoambiente tal y como sucede en las sabanas africanas con organismos como los équidos, bóvidos y proboscidos en la actualidad (Laursen y Bekoff, 1978; Shoshani y Eisenberg, 1982; Kingdon, 1983; Owen-Smith, 1988; Casteló, 2016).

## Conclusiones generales

El yacimiento LC-PT presentaba una diversidad de mastofauna diferente a la actual, la defaunación ocurrida durante la extinción de la megafauna a finales del Pleistoceno redujo considerablemente los grupos taxonómicos que se presentan actualmente en la cuenca de Cuitzeo.

Las formas corporales de los mamíferos también se redujeron, ya que en la actualidad en la cuenca domina la mastofauna pequeña (>500 g). Durante el Rancho Labreano LC-PT la megafauna y los taxones mayores a 8 kg predominaban en el ambiente.

La estructura vegetal inferida del yacimiento a partir de la distribución de masas corporales (cenogramas), junto con la preferencia de hábitats de los taxones actuales reportados en el registro fósil, sugiere una estructura vegetal heterogénea entre vegetación predominantemente abierta y un componente de vegetación cerrada.

El modelo bioclimático cualitativo, junto con el análisis de diversidad ecológica, clasifican al yacimiento a la zona climática II. Tropical con lluvias en verano que usualmente representan zonas de ecotono, como las sabanas/parkland, lo cual es plausible por la presencia de megafauna que pudo modelar el paleoambiente como sucede en las sabanas tropicales africanas y las sabanas templadas que aún existen en el continente orteamericano.

El modelo bioclimático cuantitativo infirió valores paleoclimáticos más altos de lo que previamente se había reportado en el yacimiento por lo cual se debería tomar con cautela estos datos. Se prefiere tomar en cuenta la información obtenida por isótopos estables directo de los taxones del yacimiento y las inferencias paleoclimáticas de registro palinológico del lago de Cuitzeo, ya que estas se relacionan con lo ya conocido del Pleistoceno tardío en el Cinturón Volcánico TransMexicano durante el Último Máximo Glacial.

Sumando la información paleoambiental obtenida con trabajos anteriores, las inferencias del cenograma, modelo bioclimático cualitativo, preferencias de hábitat

de los taxones actuales presentes en el registro fósil y el registro palinológico del lago de Cuitzeo podemos interpretar a LC-PT como una sabana/parkland que presenta elementos de vegetación arbustiva xérica, vegetación de bosque templado, elementos de bosque de galería y pastizales.

La ilustración científica del paleoambiente de este yacimiento tiene una utilidad importante en la divulgación científica por que resume de manera visual parte del conocimiento generado por el Laboratorio de Paleontología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo sobre el norte del lago de Cuitzeo durante la última parte del Pleistoceno tardío.

## Literatura General

- Affi, A.A. and V. Clark., 1996. **Computer-Aided Multivariate Analysis**. 3ed. Chapman & Hall, London.
- Akersten W.A., Shaw C. A., Jefferson G. T., 1983. **Rancho La Brea: status and future**. *Paleobiology* 9:211–7.
- Alberdi, M. T., Arroyo-Cabrales, J., Marín-Leyva, A. H., & Polaco, O. J. 2014. **Study of Cedral Horses and their place in the Mexican Quaternary**. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 31(2), 221-237.
- Alberdi, M. T., Prado, J. L., y Ortiz-Jaureguizar, E. 1995. **Patterns of body size changes in fossil and living Equini (Perissodactyla)**. *Biological Journal of the Linnean Society*, 54(4), 349-370.
- Álvarez, S. T., & Hernández-Chávez, J. J. 1994. **Estudio de los restos de Neotoma (Rodentia; Cricetidae) del Pleistoceno-Holoceno de Tlapacoya, Estado de México, México con descripción de dos nuevos taxa**. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, 7(2), 1-11.
- Anderson, A. E., & Wallmo, O. C. 1984. **Odocoileus hemionus**. *Mammalian species*, (219), 1-9.
- Andrews, P., 1992. **Community Evolution in Forest Habitats**. *Journal of Human Evolution* 22:423– 438.
- Andrews, P., 1996. **Palaeoecology and Hominoid Palaeoenvironments**. *Biological Reviews* 71:257– 300.
- Andrews, P., Lord, J. M., & Evans, E. M. N. 1979. **Patterns of ecological diversity in fossil and modern mammalian faunas**. *Biological Journal of the Linnean Society*, 11(2), 177-205.
- Andrews, P., y Hixson, S. 2014. **Taxon-free methods of palaeoecology**. In *Annales Zoologici Fennici* (Vol. 51, No. 1-2, pp. 269-284). Finnish Zoological and Botanical Publishing.
- Andrews, Peter, J. M. Lord, and Elisabeth M. Nesbit Evans. 1979. **Patterns of Ecological Diversity in Fossil and Modern Mammalian Faunas**. *Biological Journal of the Linnean Society* 11:177– 205.
- Ansón, M., Hernández Fernández, M., & Saura, P. A. 2015. **Paleoart: term and conditions (a survey among paleontologists)**.
- Anyonge, W., y Roman, C. 2006. **New body mass estimates for *Canis dirus*, the extinct Pleistocene dire wolf**. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 26(1), 209-212.
- Arroyo-Cabrales, J., A. L. Carreño, S. Lozano-García, M. Montellano-Ballesteros, S. Cevallos-Ferriz, E. Corona, L. Espinoza- Arrubarrena, A. F. Guzmán, S. Magallón-Puebla, D. J. Morán-Zenteno, E. Naranjo-García, M. T. Olivera, O. J. Polaco, S. N. Sosa, M. Téllez-Duarte, R. E. Tovar-Liceaga, and L. Vázquez-Selem. 2008. **La diversidad en el pasado**; pp. 227–262 in J. K. Sarukhán and J. Soberón (eds.), *Capital natural de México*, Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. vol. I. CONABIO, México, D. F.
- Arroyo-Cabrales, J., O. J. Polaco, and E. Johnson. 2002. **La mastofauna del Cuaternario tardío en México**; pp. 103–123 in M. Montellano\_Ballesteros and J. Arroyo-Cabrales (eds.), *Avances en los estudios paleomastozoológicos en México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto No. G012. México, D. F., México, D. F.

- Arroyo-Cabrales, J., Polaco, O. J., Laurito, C., Johnson, E., Alberdi, M. T., & Zamora, A. L. V. 2007. **The proboscideans (Mammalia) from Mesoamerica.** *Quaternary International*, 169, 17-23.
- Baker, R.H. 1969. **Cotton rats of the *Sigmodon fulviventer* group.** University of Kansas Publications, Museum of Natural History, 51:177-232.
- Baruch, Z. 2005. **Vegetation–environment relationships and classification of the seasonal savannas in Venezuela.** *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 200(1), 49-64.
- Baucon, A. 2010. **Leonardo da Vinci, the founding father of ichnology.** *Palaios*, 25(6), 361-367.
- Behrensmeyer, A. K., Damuth, J. D., DiMichele, W. A., Potts, R., Sues, H. D., & Wing, S. L. (1992). **Terrestrial ecosystems through time: evolutionary paleoecology of terrestrial plants and animals** (No. 2). University of Chicago Press.
- Bekoff, M. 1977. ***Canis latrans*.** *Mammalian species*, (79), 1-9.
- Bell, C. J., E. L. Lundelius Jr., A. D. Barnosky, R. W. Graham, E. H. Lindsay, D. R. Ruez Jr., H. A. Semken Jr., S. D. Webb, and R. J. Zakrzewski. (2004). **The Blancan, Irvingtonian, and Rancholabrean Mammal Ages;** pp. 232–314 in M. O. Woodburne (ed.), *Late Cretaceous and Cenozoic Mammals of North America. Biostratigraphy and Geochronology.* Columbia University Press, N. Y.
- Best, T. L., & Henry, T. H. 1993. ***Lepus alleni*.** *Mammalian Species*, (424), 1-8.
- Bravo-Cuevas, V. M., & Jiménez-Hidalgo, E. 2018. **Advances on the paleobiology of late Pleistocene mammals from central and southern Mexico.** *The Pleistocene, Geography, Geology and Fauna*, 277-313.
- Bravo-Cuevas, V. M., Jiménez-Hidalgo, E., Cuevas-Ruiz, G. E., y Cabral-Perdomo, M. A. 2012. **A small camelid *Hemiauchenia* from the Late Pleistocene of Hidalgo, central Mexico.** *Acta Palaeontologica Polonica*, 57(3), 497-509.
- Bravo-Cuevas, V. M., Rivals, F. & Priego-Vargas, J. 2017. **Paleoecology ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  stable isotopes analysis) of a mammalian assemblage from the late Pleistocene of Hidalgo, central Mexico and implications for a better understanding of environmental conditions in temperate North America (18°–36°N Lat.).** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 485, 632–643.
- Bryant, H.N., & Russell, A.P. 1992. **The role of phylogenetic analysis in the inference of unpreserved attributes of extinct taxa.** *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 337, 405-418.
- Caballero, M., Lozano-García, S., Vázquez-Selem, L., & Ortega, B. 2010. **Evidencias de cambio climático y ambiental en registros glaciales y en cuencas lacustres del centro de México durante el último máximo glacial.** *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(3), 359-377.
- Caballero, M., Ortega Guerrero, B., 1998, **Lake levels since about 40000 years ago at Lake Chalco, near Mexico City:** *Quaternary Research* 50, 69–79.
- Cameron, G. N., & Spencer, S. R. 1981. ***Sigmodon hispidus*.** *Mammalian species*, (158), 1-9.
- Campbell, C., Campbell, I.D., Blyth, C.B., and McAndrews, J.H. 1994. ***Bison* extirpation may have caused aspen expansion in western Canada.** *Ecography* 17: 360–362.

- Castelló, J. R. 2016. **Bovids of the world: antelopes, gazelles, cattle, goats, sheep, and relatives (Vol. 104)**. Princeton University Press.
- Castelló, J. R. 2018. **Canids of the world: Wolves, wild dogs, foxes, jackals, coyotes, and their relatives (Vol. 135)**. Princeton University Press.
- Ceballos, G. (Ed.). 2014. **Mammals of Mexico**. JHU Press.
- Ceballos, G., and A. Miranda. 1986. **Los Mamíferos de Chamela, Jalisco**. Manual de Campo, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ceballos, G., and A. Miranda. 2000. **Guía de Campo de los Mamíferos de la Costa de Jalisco, México**. Fundación Ecológica Cuixmala, A.C., México
- Ceballos, G., and C. Galindo. 1984. **Mamíferos Silvestres de la Cuenca de México**. Edit. Limusa, México.
- Ceballos, G., J. Arroyo-Cabrales, and E. Ponce. 2010. **Effects of Pleistocene environmental changes on the distribution and community structure of the mammalian fauna of Mexico**. Quaternary Research 73:464–473.
- Ceballos, G., y Arroyo-Cabrales, J. 2012. **Lista actualizada de los mamíferos de México 2012**. Revista Mexicana de mastozoología Nueva época, 2(1), 27-80.
- Cervantes, F. A., Lorenzo, C., Vargas, J., & Holmes, T. 1992. ***Sylvilagus cunicularius***. Mammalian Species, (412), 1-4.
- Cervantes-Barriga R. 2015. **Especies del Orden Carnivora del Rancho Labreano de dos localidades del Centro-Occidente de México**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 96 pp.
- Cervantes-Barriga, 2018. **Inferencia de la Paleodieta de *Sigmodon hispidus* (Rodentia, Cricetidae) en una localidad del Pleistoceno tardío del centro occidente de México**. Tesis Maestría. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.
- Cervantes-Barriga, R., Marín-Leyva, A. H., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Arroyo-Cabrales, J., Schaaf, P., & Cano-Camacho, H. 2021. **Taxonomy, diet and geographical provenance of fossil species of *Sigmodon* from west central Mexico during the late Pleistocene**. PalZ, 95(1), 145-161.
- Chapman, J. A., & Hockman, J. G., M.M., Ojeda C. 1980. ***Sylvilagus floridanus***. Mammalian Species, 136, 1-8.
- Chapman, J.A., and G. Ceballos. 1990. **The cottontails**. Pp. 95-110, in: Rabbits, Hares, and Pikas: Status Survey and Conservation Action Plan (J.A. Chapman and J.E.C. Flux, eds.). IUCN, Gland, Switzerland.
- Chimento, N. R., & Agnolin, F. L. 2017. **The fossil American lion (*Panthera atrox*) in South America: palaeobiogeographical implications**. Comptes Rendus Palevol, 16(8), 850-864.
- Christiansen, P. 1999. **What size were *Arctodus simus* and *Ursus spelaeus* (Carnivora: Ursidae)?** *Annales Zoologici Fennici* (pp. 93-102). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
- Christiansen, P. 2004. **Body size in proboscideans, with notes on elephant metabolism**. Zoological journal of the Linnean Society, 140(4), 523-549.

- Christiansen, P., & Harris, J. M. 2005. **Body size of *Smilodon* (Mammalia: Felidae)**. Journal of Morphology, 266(3), 369-384.
- Clark, P. U., Dyke, A. S., Shakun, J. D., Carlson, A. E., Clark, J., Wohlfarth, B., & McCabe, A. M. 2009. **The last glacial maximum**. science, 325(5941), 710-714.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. & Fan, J.-X. 2013. **The ICS International Chronostratigraphic Chart** [<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2017-02.pdf>]. Episode 36, 199-204.
- Cornely, J. E., & Baker, R. J. 1986. ***Neotoma mexicana***. Mammalian Species, (262), 1-7.
- Corona, M. G., Vicente, A. M., & Novo, F. G. 1988. **Long-term vegetation changes on the stabilized dunes of Doñana National Park (SW Spain)**. Vegetatio, 75(1-2), 73-80.
- Croft, D. A. (2016). **Horned armadillos and rafting monkeys: the fascinating fossil mammals of South America**. Indiana University Press.
- Cue-Bär, E. M. C., Villaseñor, J. L., Amezcua, L. A., Tenorio, G. C., & Manríquez, G. I. 2006. **La flora arbórea de Michoacán, México**. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (78), 47-81.
- Currier, M. J. P. 1983. ***Felis concolor***. Mammalian species, (200), 1-7.
- Davidow-Henry, B. R., Jones, J. K., & Hollander, R. R. 1989. ***Cratogeomys castanops***. Mammalian Species, (338), 1-6.
- De la Paz-Ruiz, U., R. Díaz-Sibaja, A. F. Guzmán, and M. L. García-Zepeda. 2017. **Peces fósiles de la Cinta-Portalitos (Michoacán-Guanajuato) y sus implicaciones paleoambientales, México**. Paleontología Mexicana No. esp. 2:35.
- Defleur, A. R., & Desclaux, E. 2019. **Impact of the last interglacial climate change on ecosystems and Neanderthals behavior at Baume Moula-Guercy, Ardèche, France**. Journal of Archaeological Science, 104, 114-124.
- Delgado-García, S. 2020. **La dieta y el hábitat de los camélidos del Pleistoceno tardío del Centro Occidente de México**. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 96 pp.
- DeSantis L. R. G., 2018. **Dietary Ecology of *Smilodon***. En; *Smilodon: The Iconic Sabertooth*. JHU Press. 153-170.
- Díaz-Sibaja, R. 2013. **Los rumiantes (Ruminantia: Bovidae y Cervidae) del Pleistoceno (Rancholabreano) en dos sitios del Centro-Occidente de México**. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 216 pp
- Díaz-Sibaja, R. 2018. **Reconstrucción paleoambiental de dos yacimientos pleistocénicos (Rancholabreano) del centro-occidente de México con presencia de rumiantes fósiles**. Tesis de Doctorado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 174 pp
- Díaz-Sibaja, R., J. Eng-Ponce, U. de la Paz-Ruiz, A. H. Marín-Leyva, M. Gutiérrez-Bedolla, R. Cervantes-Barriga, R. A. Plata-Ramírez, J. R. López-García y M. L. García-Zepeda, 2015. **Historia e impacto de la ilustración paleontológica en la divulgación de la Biodiversidad del pasado. Medio Ambiente**, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 05 de Junio del 2015.
- Díaz-Sibaja, R., Jiménez-Hidalgo, E., Ponce-Saavedra, J., & García-Zepeda, M. L. 2018. **A combined mesowear analysis of Mexican *Bison antiquus* shows a generalist diet with geographical variation**. Journal of Paleontology. Journal of Paleontology, 92(6), 1130-1139.

- Díaz-Sibaja, R., Jiménez-Hidalgo, E., Ponce-Saavedra, J., & García-Zepeda, M. L. 2018a. **A combined mesowear analysis of Mexican *Bison antiquus* shows a generalist diet with geographical variation.** Journal of Paleontology. Journal of Paleontology, 92(6), 1130-1139.
- Díaz-Sibaja, R., Pimentel-Velázquez, J. M., García-Zepeda, M. L. y Arroyo-Cabrales, J. 2018b, **Primeros registros de aves del Pleistoceno tardío (Rancholabreano) de Michoacán. Primer Simposio de Paleontología Sesión Centro-Norte.** Zacatecas, Zacatecas, México.
- Dundas, R. G. 1999. **Quaternary records of the dire wolf, *Canis dirus*, in North and South America.** Boreas, 28(3), 375-385.
- Edmund, A. G. 1985. **The armor of fossil giant armadillos (Pampatheriidae, Xenarthra, Mammalia).** Texas Memorial Museum, The University of Texas at Austin.
- Edmund, A. G. 1996. **A review of Pleistocene giant armadillos (Mammalia, Xenarthra, Pampatheriidae).** Palaeoecology and palaeoenvironments of Late Cenozoic mammals, 300-321.
- Elizalde-Arellano, C., López-Vidal, J. C., Hernández-García, L., Landré, J. W., Cervantes-Reza, F., Morales-Mejía, F. M. & Alonso-Spilsbury, M. 2014. **Registro de presencia y actividades de algunos mamíferos en el Desierto Chihuahuense, México.** Therya, 5(3), 793-816.
- Ellenberger, W., Baum, H. A., Baum, H., Dittrich, H., Dittrich, H., y Davis, F. A. 1956. **An atlas of animal anatomy for artists.** Courier Corporation
- Ellenius, A. 1985. **The natural sciences and the arts: aspects of interaction from the Renaissance to the 20th century: an international symposium [Uppsala, 1983].** Acta Universitatis Upsaliensis.
- Eng-Ponce, J. 2018. **Perezosos (Xenarthra: Folivora) y capibaras (Rodentia: Hydrochoerinae) del yacimiento pleistocénico (Rancholabreano) de la Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 86 pp.
- Eng-Ponce, J., Díaz-Sibaja, R., García-Zepeda, M. L. y Arroyo-Cabrales, J. 2018. **Nuevos registros de *Smilodon*, *Puma* y *Arctodus* para el Rancholabreano de La Cinta-Portalitos, Mich-Gto.** Primer Simposio de Paleontología Sesión Centro-Norte. Zacatecas, Zacatecas, México.
- Eng-Ponce, J., R. Díaz-Sibaja, A. H. Marín-Leyva, J. Arroyo-Cabrales, and M. L. García-Zepeda. 2017b. **Análisis preliminar de la dieta y el hábitat de *Neochoerus aesopi* (Caviidae, Hydrochoerinae) de la Cinta-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** Paleontología Mexicana No. esp. 2:42
- Eng-Ponce, J., R. Díaz-Sibaja, J. Arroyo-Cabrales, and M. L. García-Zepeda. 2017a. **Primer registro de musaraña (Soricidae) para el Pleistoceno tardío del Centro-Occidente de México.** Paleontología Mexicana No. esp. 2:43.
- Faith, J. T., & Lyman, R. L. 2019. **Paleozoology and paleoenvironments: fundamentals, assumptions, techniques.** Cambridge University Press.
- Fariña, R. A. 1996. **Trophic relationships among Lujanian mammals.** Evolutionary Theory, 11(2), 125-134.
- Fernández-Duarte, M. E. 2019. **Pequeños mamíferos del Rancholabreano de la zona norte del lago de Cuitzeo, Michoacán-Guanajuato, México.** Tesis de Licenciatura.

Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 118 pp

- Ferrari, L. 2000. **Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década.** Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana 53:84–92.
- Ferrusquía-Villafranca, I., Arroyo-Cabrales, J., Martínez-Hernández, E., Gama-Castro, J., Ruiz-González, J., Polaco, O. J., y Johnson, E. 2010. **Pleistocene mammals of Mexico: A critical review of regional chronofaunas, climate change response and biogeographic provinciality.** Quaternary International, 217(1-2), 53-104.
- Fleming, T. H. 1973. **Numbers of mammal species in North and Central American forest communities.** *Ecology*, 54(3), 555-563.
- **FossilWorks (<http://fossilworks.org>)**, Consultada el 20 de Noviembre del 2019.
- Fowler, N. L., & Beckage, B. 2019. **Savannas of North America.** *Savanna Woody Plants and Large Herbivores*, 123-150.
- Fritzell, E. K., & Haroldson, K. J. 1982. ***Urocyon cinereoargenteus*.** Mammalian species, (189), 1-8.
- Gallo, J.P. 1989. **Distribución y estado actual de la nutria o perro de agua (*Lutra longicaudus annectens* Major 1897) en la Sierra Madre del Sur, México.** Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García-Zepeda, M. L. 2006. **Nuovi dati Paleontologici dalla depressione lacustre di Cuitzeo Michoacán, México.** Tesis Doctoral. Università degli studi di Firenze, Italia. 115pp.
- Garduño-Monroy, V. H., & A Gutiérrez-Negrín, L. C. 1992. **Magmatismo, hiatus y tectonismo de la Sierra Madre Occidental y del Cinturón Volcánico Mexicano.** *Geofísica Internacional*, 31(4).
- Goldfinger, E. 2004. **Animal anatomy for artists: The elements of form.** OUP USA.
- Gómez-Cano, A. R., García-Yelo, B. A., & Hernández-Fernández, M. 2006. **Cenogramas, análisis bioclimático y muestreo en faunas de mamíferos: implicaciones para la aplicación de métodos de análisis paleoecológico.** *Estudios geológicos*, 62(1), 135-144.
- González-Medrano, F. 1998. **La vegetación de México y su historia.** *Ciencias*, 52, 58 – 65.
- Gosz, J.R., 1993. **Ecotone hierarchies.** *Ecological Applications* 3: 369–376.
- Grayson, D. K. 1993. **The desert's past. A natural prehistory of the Great Basin.** Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- Guerrero-Casas, F. M. y Ramírez-Hurtado, J. M., 2012. **El Análisis de Escalamiento Multidimensional: Una alternativa y un complemento a otras técnicas multivariantes.** *La Sociología en sus escenarios*, (25).
- Gutiérrez-Bedolla, M. 2014. **La dieta y el hábitat de *Mammuthus columbi* (Falconer, 1857) en dos localidades del Pleistoceno tardío del Centro Occidente de México.** Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Gutiérrez-Bedolla, M., M. L. García-Zepeda, R. López-García, J. Arroyo-Cabrales, A. H. Marín-Leyva, E. Meléndez-Herrera and A. L. Fuentes-Farías. 2016. **Diet and habitat of**

***Mammuthus columbi* (Falconer, 1857) from two Late Pleistocene localities in central western Mexico.** Quaternary International 406:137–146.

- Hall, E.R., and E.L. Cockrum 1953. **A synopsis of the North American microtine rodents.** University of Kansas Publications, Museum of Natural History, 141:1-270.
- Hall, E.R., and W.W. Dalquest. 1963. **The mammals of Veracruz.** University of Kansas Publications, Museum of Natural History, 14:165-362.
- Hasenaka, T., & Carmichael, I. S. 1985. **The cinder cones of Michoacán—Guanajuato, central Mexico: their age, volume and distribution, and magma discharge rate.** *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 25(1-2), 105-124.
- Hausman, L. A. 1929. **The ovate bodies of the hair of *Nothrotherium shastense*.** *American Journal of Science*, 5(106), 331-333.
- Haynes, C. V., 2008. **Younger Dryas “black mats” and the Rancholabrean termination in North America.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105:6520–6525.
- Heintzman, P. D., Zazula, G. D., MacPhee, R. D., Scott, E., Cahill, J. A., McHorse, B. K., & Shapiro, B. 2017. **A new genus of horse from Pleistocene North America.** *Elife*, 6, e29944.
- Hernández- Fernández, Manuel, and Pablo Peláez- Campomanes. 2003. **The Bioclimatic Model: A Method of Palaeoclimatic Qualitative Inference Based on Mammal Associations.** *Global Ecology and Biogeography* 12:507– 517.
- Hernández- Fernández, Manuel, and Pablo Peláez- Campomanes. 2005. **Quantitative Palaeoclimatic Inference Based on Terrestrial Mammal Faunas.** *Global Ecology and Biogeography* 14:39– 56.
- Hernández- Fernández, Manuel, M. T. Alberdi, B. Azanza *et al.*, 2006. **Identification Problems of Arid Environments in the Neogene– Quaternary Mammal Record of Spain.** *Journal of Arid Environments* 66:585– 608.
- Hernández- Fernández, Ml. 2001. **Bioclimatic Discriminant Capacity of Terrestrial Mammal Faunas.** *Global Ecology and Biogeography* 10:189– 204.
- Hibbard, C. W. 1955. **Pleistocene vertebrates from the Upper Becerra (Becerra Superior) Formation, valley of Tequixquiác, Mexico, with notes on other Pleistocene forms.**
- Hillson, S. 2005. **Teeth.** Cambridge university press.
- Hodges, E. R. (Ed.). 2003. **The guild handbook of scientific illustration.** John Wiley & Sons.
- Hoffmann, R.S., and J.W. Koepl. 1985. **Zoogeography.** Pp. 84-115, in: *Biology of New World *Microtus** (R.H. Tamarin, ed.). Special Publication 8, American Society of Mammalogists.
- Huard, G. y Gareau, J. (Eds), 2018. **The Pleistocene; Geography, Geology, and Fauna. Origin, evolution, and geological history of earth.** Nova Science Publishers. 339 pp. ISBN 1536137294, 9781536137293.
- Hultgren, K. 1993. **The Art of Animal Drawing: Construction, Action Analysis, Caricature.** Courier Corporation.
- Huxley, T. H. 1865. II. **On the osteology of the genus *glyptodon*.** Philosophical Transactions of the Royal Society of London, (155), 31-70.

- Israde Alcántara, I., Velázquez-Durán, R., Lozano García, M., Bischoff, J., Domínguez Vázquez, G., & Garduño Monroy, V. H. 2010. **Evolución paleolimnológica del lago Cuitzeo, Michoacán durante el Pleistoceno-Holoceno.** Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 62(3), 345-357.
- Israde, I., V. H. Garduño y M. Ferrari, 1992. **El Origen Transtensivo de la Depresión del Lago de Cuitzeo, México.** Actas de las Sesiones Científicas, Congreso Latinoamericano de Geología, Salamanca, España. Vol. 4. pp.127-131.
- Israde-Alcántara, I. 1997. **Neogene Diatoms of Cuitzeo Lake, Central Sector Of the Trans-Mexican Volcanic Belt and Their Relationship With the Volcano-Tectonic Evolution.** Quaternary International 43:137–143
- Israde-Alcántara, I., R. Velázquez-Durán, S. Lozano-García, J. Bischoff, G. Domínguez-Vázquez, and V. H. Garduño-Monroy. 2010. **Evolución Paleolimnológica del Lago Cuitzeo, Michoacán durante el Pleistoceno-Holoceno.** Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana 62:345–357.
- IUCN 2019. **The IUCN Red List of Threatened Species.** Version 2019-3. <http://www.iucnredlist.org>. Consultada el 10 de diciembre del 2019.
- Janis, C. M. 1990. **Correlation of cranial and dental variables with dietary preferences in mammals: a comparison of macropodoids and ungulates.** *Memoirs of the Queensland Museum*, 28(1), 349-366.
- Jiménez-Hidalgo, E., & Carranza-Castañeda, O. 2010. **Blancan camelids from San Miguel de Allende, Guanajuato, Central México.** *Journal of Paleontology*, 84(1), 51-65.
- Jiménez-Hidalgo, E., & Pérez-Cruz, L. A. 2014. **Primer registro de *Cuvieronius* (Proboscidea: Gomphotheriidae) en el Pleistoceno del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, sur de México, algunas consideraciones sobre su taxonomía y distribución geográfica en México.** *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 31(3), 354-360.
- JMP®, Version 11. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2013.
- Kettle, W.D., Rich, P.M., Kindscher, K. *et al.*, 2000. **Land-use history in ecosystem restoration: a 40-year study in the prairie-forest ecotone.** *Restoration Ecology* 8: 307–317.
- Kingdon, J. 2015. **The Kingdon field guide to African mammals.** Bloomsbury Publishing.
- Kruskal, J. B., 1964. **Nonmetric Multidimensional Scaling: A Numerical Method.** *Psychometrika*, 2, 115-129.
- Kúrten B. y Anderson, E. 1980. **Pleistocene mammals of North America.** Columbia University Press, New York.
- Kúrten B., 1966. **Pleistocene bears of North America: 1 Genus *Tremarctos*.** Spectacled bears. *Acta Zoologica Fennica* 117: 1-60.
- Lambert, W. D., y Holling, C. S. 1998. **Causes of ecosystem transformation at the end of the Pleistocene: evidence from mammal body-mass distributions.** *Ecosystems*, 1(2), 157-175.
- Lange, I. M. 2002. **Ice Age mammals of North America.** Missoula, Montana: Mountain Press Publishing Company.
- Larivière, S. 1999. ***Lontra longicaudis*.** *Mammalian species*, (609), 1-5.
- Larivière, S., & Walton, L. R. 1997. ***Lynx rufus*.** *Mammalian species*, (563), 1-8.
- Laursen, L., & Bekoff, M. 1978. ***Loxodonta africana*.** *Mammalian Species*, (92), 1-8.

- Lee J. A. 1994. **Draw 50 Flowers, Trees, and Other Plants**. Watson-Gruptill Publications, New York.
- Legendre, S., 1986. **Analysis of Mammalian Communities from the Late Eocene and Oligocene of Southern France**. *Paleovertebrata* 16:191– 212.
- León, L., A.L. Martínez, M.G. Torres, E.M. Figueroa, A.H. Flores, L. Garduño, B.M. González, M. Mayorga, A. Mata, E.A. Pérez, L. Ríos, M.S. Valencia, E.V. Contreras, and V. Villavicencio 1990. **Estudio faunístico preliminar de la zona de Ocuilan y sus alrededores, Estado de México y Morelos**. Biología de Campo, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F.
- Leopold, A.S. 1965. **Fauna Silvestre de México. Aves y Mamíferos de Caza**. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.
- Lima, F. G. 2013. **Análisis morfológico y afinidades de los Pamphathiidae (Mammalia, Xenarthra)** (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- López-Vidal, J.C., and T. Álvarez. 1993. **Biología de la rata montera *Neotoma mexicana*, en la Michilía, Durango, México**. Pp. 185-195, in: Avances en el Estudio de los Mamíferos de México (R.A. Medellín and G. Ceballos, eds.). Publicaciones Especiales, Asociación Mexicana de Mastozoología, México.
- Lotze, J. H., & Anderson, S. 1979. ***Procyon lotor***. *Mammalian species*, (119), 1-8.
- Lozano-García, M. 1996. **La vegetación del Cuaternario tardío en el centro de México: registros palinológicos e implicaciones paleoclimáticas**. *Botanical Sciences*, (58), 113-127.
- Lu, D., Yang, Y., Li, Q., & Ni, X. 2021. **A late Pleistocene fossil from Northeastern China is the first record of the dire wolf (Carnivora: *Canis dirus*) in Eurasia**. *Quaternary International*, 591, 87-92.
- Lyman, R. L. 2013. **Taxonomic composition and body-mass distribution in the terminal Pleistocene mammalian fauna from the Marmes site, southeastern Washington State, USA**. *Paleobiology*, 39(3), 345-359.
- Macêdo, R. H., & Mares, M. A. 1988. ***Neotoma albigula***. *Mammalian species*, (310), 1-7.
- Marchant, G. H., & Shoshani, J. 2007. **Head muscles of *Loxodonta africana* and *Elephas maximus* with comments on *Mammuthus primigenius* muscles**. *Quaternary International*, 169, 186-191.
- Margalef, R. 1977 **Ecología**. Omega, Barcelona.
- Marín-Leyva, A. H. 2008. **Especies de caballos (*Equus: Equidae*) del Pleistoceno tardío de la Cinta, Michoacán**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 102 pp
- Marín-Leyva, A. H. 2011. **Caballos del Pleistoceno y sus paleoambientes en dos cuencas de Michoacán, México**. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 156 pp.
- Marín-Leyva, A. H. 2015. **Paleoecología de dos localidades del Pleistoceno tardío en el centro occidente de México derivada de tres especies de caballos del género *Equus***. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 169 pp.

- Marín-Leyva, A. H., Alberdi, M. T., García-Zepeda, M. L., Ponce-Saavedra, J., Schaaf, P., Arroyo-Cabrales, J., & Bastir, M. 2019. **Morfometría geométrica en elementos óseos postcraneales de los caballos del Pleistoceno tardío en México: implicaciones taxonómicas y ecomorfológicas.** *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 36(2), 195-206.
- Marín-Leyva, A. H., D. DeMiguel, M. L. García-Zepeda, J. Ponce-Saavedra, J. Arroyo-Cabrales, P. Schaaf, and M. T. Alberdi. 2015. **Dietary adaptability of Late Pleistocene Equus from West Central Mexico.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 441:748–757.
- Marín-Leyva, A. H., Eng-Ponce, J., R. Díaz-Sibaja, M. L. García-Zepeda y J. Arroyo-Cabrales 2019b. **Dieta y el hábitat de los perezosos terrestres de una localidad del Pleistoceno tardío en el centro occidente de México.** *Paleontología Mexicana* No. esp. 5: XVI Congreso Nacional de Paleontología. Chihuahua, Chihuahua. Septiembre 2019.
- Marín-Leyva, A. H., J. Arroyo-cabrales, M. L. García-zepeda, J. Ponce-Saavedra, P. Schaaf, V. A. Pérez-crespo, P. Morales-puente, E. Cienfuegos-alvarado, and M. T. Alberdi. 2016b. **Feeding ecology and habitat of Late Pleistocene Equus horses from west-central Mexico using carbon and oxygen isotopes variation.** *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 33:157–169.
- Marshall Cavendish Corporation. 2010. **Mammal Anatomy: An Illustrated Guide.** Marshall Cavendish.
- Martínez, J. N., & Sudre, J. 1995. **The astragalus of Paleogene artiodactyls: comparative morphology, variability and prediction of body mass.** *Lethaia*, 28(3), 197-209.
- McCracken, T. O., & Kainer, R. A. 2013. **Color atlas of small animal anatomy: the essentials.** John Wiley & Sons.
- McDonald, H. G. 2005. **Paleoecology of extinct xenarthrans and the Great American Biotic Interchange.** *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*, 45(4), 313-33.
- McMenamin, M. A. S., and S. M. Awramik. 1983. **Precambrian-Cambrian transition problem in western North America: Part II. Early Cambrian skeletonized fauna and associated fossils from Sonora, Mexico.** *Geology* 11:227–230.
- Meachen, J. 2005. **A new species of *Hemiauchenia* (Artiodactyla, Camelidae) from the Late Blancan of Florida.** *Florida Museum of Natural History Bulletin*, 45, 435-447.
- Mendoza C.M.E. 2002. **Implicaciones del cambio de cobertura y uso del suelo en el Balance hídrico a nivel regional. El caso de la cuenca del Lago de Cuitzeo.** Tesis de Doctorado Universidad Nacional Autónoma de México Posgrado en Ciencias de La Tierra. Instituto de Geofísica. pp.186.
- Mendoza, M., Janis, C. M., y Palmqvist, P. 2005. **Ecological patterns in the trophic-size structure of large mammal communities: a 'taxon-free' characterization.** *Evolutionary Ecology Research*, 7(4), 505-530.
- Merriam, J. C. 1912. **The Fauna of Rancho La Brea: Canidae.** University of California Press.
- Merriam, J. C., y Stock, C. 1932. **The Felidae of Rancho La Brea (No. 422).** Carnegie institution of Washington.

- Metcalfe, S. E. 2006. **Late Quaternary environments of the northern deserts and central Transvolcanic Belt of Mexico.** *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 93, 258-273.
- Metcalfe, S. E., Leng, M. J., Jason, K., Huddart, D., Vane, C. H. & Gonzalez, S. 2016. **Early-Mid Pleistocene environments in the Valsequillo Basin, Central Mexico: a reassessment.** *Journal of Quaternary Science*, 31, 325-336.
- Metcalfe, S. E., O'Hara, S. L., Caballero, M. & Davies, S. J. 2000. **Records of Late Pleistocene-Holocene climatic change in Mexico—A review.** *Quaternary Science Review*, 19, 699–721.
- Miller, W. E. 1976. **Late Pleistocene vertebrates of the Silver Creek local fauna from north central Utah.** *Great Basin Naturalist*, 36(4), 1.
- Mones, A. 1991. **Monografía de la familia Hydrochoeridae** (Mammalia: Rodentia).
- Montellano-Ballesteros, M. & Jiménez-Hidalgo, E. 2006. **Mexican fossil mammals, Who, where and when?** In Vega, J. F., Nyborg, T. G., Perrilliat, M.C., Montellano-Ballesteros, M., Cevallos-Ferriz, S. R. S. & Quiroz-Barroso, S. A. (Eds.), *Studies on Mexican Paleontology* (p. 249–273). New York: Springer.
- Montellano-Ballesteros, M. 2002. **New Cuvieronius finds from the Pleistocene of central Mexico.** *Journal of Paleontology*, 76(3), 578-583.
- Monterrubio-Rico, T. C., Guido Lemus, D., Alanís-Gudiño, L., León-Paniagua, L., & Charre-Medellín, J. F. 2019. **Mamíferos silvestres de la cuenca de Cuitzeo, México.** *Acta universitaria*, 29.
- Montiel-Escobar, J., J. Librado-Flores, J. Salazar-Reyes, J. Bustamante-García, and E. Sánchez-Garrido. 1998. **Carta geológico-minera. Morelia E14-1, Michoacán, Estado de México y Guanajuato.** Escala 1:250,000.
- Moreira, J. R., Alvarez, M. R., Tarifa, T., Pacheco, V., Taber, A., Tirira, D. G. & Macdonald, D. W. 2013. **Taxonomy, natural history and distribution of the capybara.** In *Capybara* (pp. 3-37). Springer, New York, NY.
- Moreno-Flores, J.O. 2018. **Herpetofauna del pleistoceno tardío de La Cina-Portalitos, Michoacán-Guanajuato, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. pp 68.
- Moser, S. 2014. **Making expert knowledge through the image: connections between antiquarian and early modern scientific illustration.** *Isis*, 105(1), 58-99.
- Murray, J. L., & Gardner, G. L. 1997. **Leopardus pardalis.** *Mammalian species*, (548), 1-10.
- Naish, D. 2005. **Fossils explained 51: sloths.** *Geology Today*, 21(6), 232-238.
- Naples, V. L. 1987. **Reconstruction of cranial morphology and analysis of function in the Pleistocene ground sloth *Nothrotheriops shastense* (Mammalia, Megatheriidae).** Natural History Museum of Los Angeles County.
- Nelson, E.W. 1907. **Descriptions of new North American rabbits.** *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 20:81-84.
- Nelson, E.W. 1909. **The rabbits of North America.** *North American Fauna*, 29:1-314.
- Nowak, R. M., y Walker, E. P. 1999. **Walker's Mammals of the World** (Vol. 1 y 2). JHU Press.

- Nunez, E. E., MacFadden, B. J., Mead, J. I. & Baez, A. 2010. **Ancient forests and grasslands in the desert: diet and habitat of Late Pleistocene mammals from North-central Sonora, Mexico.** *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 297, 391–400.
- O'connor, T. G. 1992. **Woody vegetation-environment relations in a semi-arid savanna in the northern Transvaal.** *S. AFR. J. BOT./S.-AFR. TYDSKR. PLANTKD.*, 58(4), 268-274.
- Olsen, S. J. 1972. **Osteology for the Archaeologist: No. 3: the American Mastodon and the Woolly Mammoth.** *Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology*, 56(3), i-viii.
- Owen, P. 1869. **On fossil remains of Equines from Central and South America referable to *Equus conversidens*, Ow., *Equus tau*, Ow., and *Equus arcidens*, Ow.** *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 159, 559-573.
- Owen-Smith, R. N. 1988. **Megaherbivores: the influence of very large body size on ecology.** Cambridge university press.
- Pacheco Torres, V. R., Altamiro, A. J., & Guerra Porras, E. S. 1986. **The osteology of South American camelids.**
- **Paleobiology Database** (<https://paleobiodb.org>), Consultada el 3 de diciembre del 2019.
- Palombo, M. R., y Giovanazzo, C. 2004. **What do cenograms tell us about mammalian palaeoecology? The example of Plio-Pleistocene Italian faunas.** *Courier-Forschungsinstitut Senckenberg*, 256, 215.
- Perales, R., Serrano, H., García Yelo, B. A., y Hernández Fernández, M. 2009. **Inferencias paleoambientales del Mioceno medio de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid) basadas en la estructura de tamaños corporales de su fauna de mamíferos.** *Paleolusitana*, 1, 317-325.
- Pérez-Crespo, V. A., Arroyo-Cabrales, J., Alva-Valdivia, L. M., Morales-Puente, P. & Cienfuegos-Alvarado, E. 2012. **Datos isotópicos ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{18}O$ ) de la fauna pleistocénica de la Laguna de las Cruces, [Isotopic data ( $\delta^{13}C$ ,  $\delta^{18}O$ ) of the Pleistocene fauna of the Laguna de las Cruces] San Luis Potosí, México.** *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29, 299–307.
- Pérez-Crespo, V. A., Carbot-Chanona, G., Morales-Puente, P., Cienfuegos- Alvarado, E. & Otero, F. J. 2015. **Paleoambiente de la Depresión Central de Chiapas, con base en isótopos estables de carbono y oxígeno.** [Paleoenvironment of the Central Depression of Chiapas, based on stable isotopes of carbon and oxygen] *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 32, 273–282
- Pérez-Crespo, V. A., Prado, J. L., Alberdi, M. T., Arroyo-Cabrales, J., & Johnson, E. 2020. **Feeding ecology of the gomphotheres (Proboscidea, Gomphotheriidae) of America.** *Quaternary Science Reviews*, 229, 106126.
- Pérez-Crespo, V. A., Prado, J. L., Alberdi, M. T., Arroyo-Cabrales, J., & Johnson, E. 2016. **Diet and habitat for six American Pleistocene proboscidean species using carbon and oxygen stable isotopes.** *Ameghiniana*, 53(1), 39-51.
- Pérez-Flores, E., R. Mauvois-Guitteaud, J. Menguelle-López, J. L. Moreno-Vázquez, R. G. Soto-Araiza, and J. A. López-Ojeda. 1999. **Carta geológico-minera. Querétaro F14-10, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Estado de México.** Escala 1:250,000.
- Pérez-González. M., S. y Godínez-García, V. 2007, **“Pequeños Vertebrados Fósiles y la Bioestratigrafía de La Cinta, Michoacán y Portalitos, Guanajuato.”**, Tesis de

Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 100 pp.

- Perri, A. R., Mitchell, K. J., Mouton, A., Álvarez-Carretero, S., Hulme-Beaman, A., Haile, J., & Frantz, L. A. 2021. **Dire wolves were the last of an ancient New World canid lineage.** *Nature*, 591(7848), 87-91.
- Plata-Ramírez, R. A. 2012. **Camellos Fósiles de La Cinta-Portalitos y La Piedad-Santa Ana Michoacán y Guanajuato, México.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 70 pp.
- Polechla, P.J., P. Gallo, and F. Tovar. 1987. **Distribution, occupied habitat and status of the Neotropical river otter (*Lutra longicaudis annectens*) in the southern portions of Sierra Madre del Sur, Mexico.** 68 Reunión de la American Society of Mammalogists. Clemson University, Clemson, SC.
- Prothero, D. R. 2006. **After the dinosaurs: The age of mammals.** Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press.
- Prothero, D. R. 2016. **The Princeton field guide to prehistoric mammals (Vol. 112).** Princeton University Press.
- Prothero, D. R. 2021. **The systematics of North American Peccaries (Mammalia: Artiodactyla: tayassuidae) (Vol. 85).** New Mexico Museum of Natural History and Science.
- Rapoport, E.H. 1982 **Areography: geographic strategies of species.** Pergamon Press, Oxford
- Ray, N., & Adams, J. 2001. **A GIS-based vegetation map of the world at the last glacial maximum (25,000-15,000 BP).** *Internet archaeology*, 11.
- Rodríguez, J. 1999. **Use of Cenograms in Mammalian Palaeoecology: A Critical Review.** *Lethaia* 32:331– 347
- Rudwick, M. J. 2008. **Georges Cuvier, fossil bones, and geological catastrophes: new translations and interpretations of the primary texts.** University of Chicago Press.
- Russell, B. D., & Harris, A. H. 1986. **A new leporine (Lagomorpha: Leporidae) from Wisconsinan deposits of the Chihuahuan Desert.** *Journal of Mammalogy*, 67(4), 632-639.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2005. **Flora fanerogámica del Valle de México.** 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp. (Edición digital: INECOL 2010).
- Rzedowski, J., 2006. **Vegetación de México.** 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Sanderson, J. G., & Watson, P. 2011. **Small wild cats: The animal answer guide.** JHU Press. 184 pp.
- Savage, R. J., & Long, M. R. 1986. **Mammal evolution.** British Museum (Natural History).
- Scott, E., & Cox, S. M. 2008. **Late Pleistocene distribution of *Bison* (Mammalia; Artiodactyla) in the Mojave desert of southern California and Nevada. Geology and vertebrate paleontology of western and southern North America: contributions in honor of David P. Whistler.** Edited by X. Wang and LG Barnes. Natural History Museum of Los Angeles County Science Series, 41, 359-382.

- Scott, E., & Cox, S. M. 2008. **Late Pleistocene distribution of *Bison* (Mammalia; Artiodactyla) in the Mojave desert of southern California and Nevada.** Geology and vertebrate paleontology of western and southern North America: contributions in honor of David P. Whistler. Edited by X. Wang and LG Barnes. Natural History Museum of Los Angeles County Science Series, 41, 359-382.
- Secord, J. A. 1986. **The Geological Survey of Great Britain as a research school, 1839–1855.** History of science, 24(3), 223-275.
- Shepard, R. N., 1962. **The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function.** Psychometrika, 27, 125-140, 219-246.
- Shoshani, J., & Eisenberg, J. F. 1982. ***Elephas maximus*.** Mammalian species.
- Shoshani, J., Ferretti, M. P., Lister, A. M., Agenbroad, L. D., Saegusa, H., Mol, D., & Takahashi, K. 2007. **Relationships within the Elephantinae using hyoid characters.** Quaternary International, 169, 174-185.
- Shump, K. A., & Baker, R. H. 1978. ***Sigmodon alleni*.** Mammalian Species, (95), 1-2.
- Shump, K. A., & Baker, R. H. 1978. ***Sigmodon leucotis*.** Mammalian Species, (96), 1-2.
- Silke, C., Galicia, L., & Israde-Alcántara, I. 2010. **Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: Análisis de su Geografía y Entorno Socioambiental (1st ed.). Morelia, Michoacán, México.** Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Simberloff, D. y Gotelli, N., 1984. **Effects of insularisation on plant species richness in the prairie-forest ecotone.** Biological Conservation 29: 27–46.
- Skinner, M. F., and O. C. Kaisen. 1947. **The fossil *Bison* of Alaska and preliminary revision of the genus.** Bulletin of the American Museum of Natural History 89:123–256.
- Smith, F. A., Lyons, S. K., Ernest, S. M., Jones, K. E., Kaufman, D. M., Dayan, T., Marquet P. A., Brown J. H. y Haskell, J. P. 2003. **Body mass of Late Quaternary mammals: Ecological Archives E084-094.** Ecology, 84(12), 3403-3403.
- Smith, W. P. 1991. ***Odocoileus virginianus*.** Mammalian species, (388), 1-13.
- Sorkin, B. 2008. **A biomechanical constraint on body mass in terrestrial mammalian predators.** Lethaia, 41(4), 333-347.
- Stock, C. 1925. **Cenozoic gravigrade edentates of Western North America: with special reference to the Pleistocene Megalonychinae and Mylodontidae of Rancho La Brea (No. 331).** Carnegie Institution of Washington.
- Stock, C. 1992. **Rancho La Brea: A record of Pleistocene life in California.** 7th ed. Revised by J.M. Harris. Science Series no.37. Los Angeles: Natural History Museum of Los Angeles County, 113 pp.
- Stucchi, M., & Figueroa, J. 2013. **Morfología cráneo-mandibular del oso andino *Tremarctos ornatus* (Carnivora: Ursidae).** Therya, 4(3), 485-509.
- Sundquist, M. & Sundquist, F. 2002. **Wild cats of the world.** Chicago, Illinois, USA: The University of Chicago Press.
- Tapia-Ramírez, G., Guzmán, A. F., & Polaco, O. J. 2013. **Los gonfoterios (Proboscidea, Gomphotheriidae) de Colima, México.** Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 65(3), 591-607.

- Torres-Flores, J. W., & López-Wilchis, R. 2018. *Microtus quasiater* (Rodentia: Cricetidae). *Mammalian Species*, 50(961), 59-66.
- Travouillon, K. J., Legendre, S., Archer, M., y Hand, S. J. 2009. **Palaeoecological analyses of Riversleigh's Oligo-Miocene sites: implications for Oligo-Miocene climate change in Australia.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 276(1-4), 24-37.
- Travouillon, K. J., y S. Legendre. 2009. **Using Cenograms to Investigate Gaps in Mammalian Body Mass Distributions in Australian Mammals.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 272:69– 84
- Traylor, R. B., Dundas, R. G., Fox-Dobbs, K., & Van De Water, P. K. 2015. **Inland California during the Pleistocene—Megafaunal stable isotope records reveal new paleoecological and paleoenvironmental insights.** *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 437, 132-140.
- Turner, A. 1997. **The big cats and their fossil relatives: an illustrated guide to their evolution and natural history.** Columbia University Press.
- Valverde, J. A. 1964. **Remarques sur la structure et l'évolution des communautés de Vertébrés terrestres I. structure d'une communauté II. Rapports entre prédateurs et proies.** *La Terre et la vie*.
- Valverde, J. A. 1967: **Estructura de una Comunidad de vertebrados terrestres.** *Monografías de la Estación Biológica de Doriana* 1, 1-129.
- Walter, H. 1970. **Vegetationszonen und klima.** Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Walter, H. 1984. **Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphere.** Springer Science & Business Media.
- Warter JK. 1979. **Late Pleistocene plant communities: evidence from the Rancho La Brea Tarpits.** *Spec Publ Calif Native Plant Soc* 2:32–9.
- Webb SD. 1974. **Chronology of Florida Pleistocene mammals.** In: Webb SD, editor. *Pleistocene mammals of Florida.* Gainesville: University of Florida. p 5–31
- Webb, S. D. 1965. **The osteology of Camelops (No. 1).** Los Angeles County Museum.
- Werdelin, L., McDonald, H. G., & Shaw, C. A. (Eds.). 2018. *Smilodon: The Iconic Sabertooth.* JHU Press.
- Whitaker, J. O. 1974. *Cryptotis parva.* *Mammalian Species*, 43, 1-8.
- Wilson, M. C., Hills, L. V., & Shapiro, B. 2008. **Late Pleistocene northward-dispersing *Bison antiquus* from the Bighill Creek Formation, Gallelli gravel pit, Alberta, Canada, and the fate of *Bison occidentalis*.** *Canadian Journal of Earth Sciences*, 45(7), 827-859.
- Witmer, L. M. 1997. **The Extant Phylogenetic Bracket and the importance of reconstructing soft tissues in.** *Functional Morphology in Vertebrate Paleontology*, 19.
- Witton M. P., Naish D, Conway J, 2014. **State of the Palaeoart.** *Palaeontologia Electronica*, 17: 5E.
- Yelo, G., Gómez Cano, A. R., Cantalapiedra, J. L., Alcalde, G. M., Sanisidro, O., Oliver, A., & Hernández Fernández, M. 2014. **Palaeoenvironmental analysis of the Aragonian (middle Miocene) mammalian faunas from the Madrid Basin based on body-size structure.** *Journal of Iberian geology*, 40(1), 129-140.
- Young, C. J., & Jones, J. K. 1982. *Spermophilus mexicanus.* *Mammalian Species*, (164), 1-4.

- Zurita, A. E., Gillette, D. D., Cuadrelli, F., & Carlini, A. A. 2018. **A tale of two clades: comparative study of *Glyptodon* Owen and *Glyptotherium* Osborn (Xenarthra, Cingulata, Glyptodontidae)**. *Geobios*, 51(3), 247-258.

## Anexo 1

### Masas Corporales

Tabla 1. Masas corporales inferidas para individuos de *Cuvieronius hyodon* de México.

<i>Cuvieronius hyodon</i>	Pieza	Masa corporal inferida (kg)
Tapia-Ramírez <i>et al.</i> , 2013	Fémur	2535
Montellano-Ballesteros, 2002	Fémur	3181
Tapia-Ramírez <i>et al.</i> , 2013	Tibia	3191
Tapia-Ramírez <i>et al.</i> , 2013	Úlna	3262
Tapia-Ramírez <i>et al.</i> , 2013	Húmero	1249
Montellano-Ballesteros, 2002	Húmero	2043

Tabla 2. Masas corporales inferidas de individuos de *Mammuthus columbi* del centro de México.

<i>Mammuthus columbi</i>	Pieza	Masa Corporal (kg)
DP-5885 (Chimalhuacán)	Fémur	8766
S/N Milpa Alta	Fémur	8018
S/N Texcoco	Fémur	4224
S/N Valle de México	Fémur	6299
Tocuhila	Tibia	10470
Santa Lucia	Tibia	10867
852	Úlna	7486
MUNHA S/N (individuo Zaragoza)	Fémur	7339
MUNHA S/N (individuo LC-PT)	Tibia	7745

**Tabla 3. Masas corporales inferidas partir de la ecuación de regresión para la variable F5 de la falange proximal del tercer dígito de los équidos de LC-PT.**

<b>Taxón</b>	<b>No. Colección</b>	<b>Pieza</b>	<b>Masa corporal inferida (kg)</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM53</b>	Falange Proximal	<b>48.546</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM503</b>	Falange Proximal	<b>70.746</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM2637</b>	Falange Proximal	<b>70.745</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM51</b>	Falange Proximal	<b>87.342</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM2630</b>	Falange Proximal	<b>93.887</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM2579</b>	Falange Proximal	<b>115.619</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM27</b>	Falange Proximal	<b>131.958</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM13</b>	Falange Proximal	<b>163.411</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2282</b>	Falange Proximal	<b>133.678</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2572</b>	Falange Proximal	<b>146.164</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2583</b>	Falange Proximal	<b>148.013</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2582</b>	Falange Proximal	<b>161.426</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2276</b>	Falange Proximal	<b>169.468</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2222</b>	Falange Proximal	<b>175.684</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2283</b>	Falange Proximal	<b>179.917</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2274</b>	Falange Proximal	<b>186.402</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2227</b>	Falange Proximal	<b>193.051</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2277</b>	Falange Proximal	<b>195.305</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM407</b>	Falange Proximal	<b>199.868</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2223</b>	Falange Proximal	<b>204.507</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2570</b>	Falange Proximal	<b>206.855</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM977</b>	Falange Proximal	<b>226.335</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM502</b>	Falange Proximal	<b>228.859</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2233</b>	Falange Proximal	<b>228.859</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2225</b>	Falange Proximal	<b>231.402</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2277</b>	Falange Proximal	<b>236.549</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2571</b>	Falange Proximal	<b>239.153</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM911</b>	Falange Proximal	<b>239.153</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM409</b>	Falange Proximal	<b>244.422</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2278</b>	Falange Proximal	<b>244.422</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM454</b>	Falange Proximal	<b>249.774</b>

<i>Equus conversidens</i>	<b>UM908</b>	Falange Proximal	<b>252.480</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2231</b>	Falange Proximal	<b>257.956</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2269</b>	Falange Proximal	<b>260.726</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2232</b>	Falange Proximal	<b>263.516</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM600</b>	Falange Proximal	<b>266.328</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2224</b>	Falange Proximal	<b>269.161</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2271</b>	Falange Proximal	<b>269.161</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2272</b>	Falange Proximal	<b>269.161</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2574</b>	Falange Proximal	<b>277.789</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2577</b>	Falange Proximal	<b>289.598</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2275</b>	Falange Proximal	<b>289.598</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2236</b>	Falange Proximal	<b>320.677</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2575</b>	Falange Proximal	<b>320.67</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2226</b>	Falange Proximal	<b>340.425</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM912</b>	Falange Proximal	<b>361.025</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>S/N</b>	Falange Proximal	<b>368.084</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM408</b>	Falange Proximal	<b>375.241</b>
<i>Equus mexicanus</i>	<b>UM2270</b>	Falange Proximal	<b>677.113</b>

**Tabla 4. Masas corporales inferidas a partir de la ecuación de regresión para la variable Mc6 del tercer metacarpal de los équidos de LC-PT.**

<b>Taxón</b>	<b>No. Colección</b>	<b>Pieza</b>	<b>Masa corporal inferida (kg)</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2416</b>	Metacarpal	<b>218.817</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2440</b>	Metacarpal	<b>244.173</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2250</b>	Metacarpal	<b>256.078</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2239</b>	Metacarpal	<b>358.700</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2249</b>	Metacarpal	<b>394.384</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2415</b>	Metacarpal	<b>402.640</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2237</b>	Metacarpal	<b>423.808</b>

**Tabla 5. Masas corporales inferidas a partir de la medida Mc13 de los metacarpales de los équidos de LC-PT**

<b>Taxón</b>	<b>No. Colección</b>	<b>Pieza</b>	<b>Masa corporal inferida (kg)</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM2250</b>	Metacarpal	<b>132.616</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM2423</b>	Metacarpal	<b>167.219</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM2456</b>	Metacarpal	<b>224.043</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2412</b>	Metacarpal	<b>176.729</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2439</b>	Metacarpal	<b>229.774</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2435</b>	Metacarpal	<b>238.553</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2255</b>	Metacarpal	<b>250.607</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2446</b>	Metacarpal	<b>253.683</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2424</b>	Metacarpal	<b>259.911</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2457</b>	Metacarpal	<b>263.063</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM497</b>	Metacarpal	<b>266.241</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2259</b>	Metacarpal	<b>285.852</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM509</b>	Metacarpal	<b>289.212</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2421</b>	Metacarpal	<b>292.599</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM500</b>	Metacarpal	<b>306.412</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2251</b>	Metacarpal	<b>309.933</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM17</b>	Metacarpal	<b>320.678</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2241</b>	Metacarpal	<b>327.945</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2256</b>	Metacarpal	<b>358.207</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2430</b>	Metacarpal	<b>394.436</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM496</b>	Metacarpal	<b>394.436</b>

**Tabla 6. Masas corporales inferidas a partir de la medida Mt13 de los metatarsales de los équidos de LC-PT**

<b>Taxón</b>	<b>No. Colección</b>	<b>Pieza</b>	<b>Masa corporal inferida (kg)</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM2442</b>	Metatarsal	<b>165.413</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM2255</b>	Metatarsal	<b>174.442</b>
<i>Harintonhippus francisci</i>	<b>UM2252</b>	Metatarsal	<b>188.573</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2425</b>	Metatarsal	<b>219.01</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2260</b>	Metatarsal	<b>238.148</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2434</b>	Metatarsal	<b>243.807</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM501</b>	Metatarsal	<b>255.385</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2420</b>	Metatarsal	<b>264.298</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM3277</b>	Metatarsal	<b>267.313</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2418</b>	Metatarsal	<b>270.350</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2429</b>	Metatarsal	<b>270.350</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2238</b>	Metatarsal	<b>276.490</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM498</b>	Metatarsal	<b>282.721</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2261</b>	Metatarsal	<b>282.721</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2419</b>	Metatarsal	<b>282.721</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2443</b>	Metatarsal	<b>285.870</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2427</b>	Metatarsal	<b>298.692</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2426</b>	Metatarsal	<b>305.240</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2422</b>	Metatarsal	<b>311.880</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2253</b>	Metatarsal	<b>346.484</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM499</b>	Metatarsal	<b>346.484</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2417</b>	Metatarsal	<b>372.124</b>
<i>Equus conversidens</i>	<b>UM2428</b>	Metatarsal	<b>422.933</b>

**Tabla 7. Masas corporales inferidas a partir del área del m1 del orden Cetartiodactyla de LC-PT.**

<b>Taxón</b>	<b>No. Colección</b>	<b>Pieza</b>	<b>Masa corporal inferida (kg)</b>
<i>Capromeryx minor</i>	<b>UM941</b>	m1	<b>10.378</b>
<i>Tetrameryx shuleri</i>	<b>UM940</b>	m1	<b>43.972</b>
<i>Tetrameryx shuleri</i>	<b>UM1435</b>	m1	<b>53.401</b>
<i>Platygonus compressus</i>	<b>UM2769</b>	m1	<b>54.826</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM1132</b>	m1	<b>97.175</b>
<i>Camelops hesternus</i>	<b>UM1871</b>	m1	<b>769.896</b>

**Tabla 8. Masas corporales inferidas a partir del área del m3 del orden Cetartiodactyla de LC-PT.**

<b>Taxón</b>	<b>No. Colección</b>	<b>Pieza</b>	<b>Masa corporal inferida (Kg)</b>
<i>Capromeryx minor</i>	<b>UM1425</b>	m3	<b>12.832</b>
<i>Stockoceros conklingi</i>	<b>UM1925</b>	m3	<b>66.091</b>
<i>Odocoileus hemionus</i>	<b>UM975</b>	m3	<b>144.865</b>
<i>Bison antiquus</i>	<b>UM1288</b>	m3	<b>778.513</b>
<i>Bison antiquus</i>	<b>UMB009</b>	m3	<b>854.668</b>
<i>Bison antiquus</i>	<b>UM59</b>	m3	<b>928.675</b>
<i>Bison antiquus</i>	<b>UM124</b>	m3	<b>981.306</b>

**Tabla 9. Masas corporales inferidas a partir del área del astrágalo del orden Cetartiodactyla de LC-PT, con asterisco (\*) inferencias de masa corporal obtenidas a partir de medidas en la literatura.**

<b>Taxón</b>	<b>No. Colección</b>	<b>Pieza</b>	<b>masa corporal inferida (kg)</b>
<i>Platygonus compressus</i>	<b>UM2768</b>	Astrágalo	<b>66.492</b>
<i>Platygonus compressus</i>	<b>UM2762</b>	Astrágalo	<b>74.936</b>
<i>Platygonus compressus</i>	<b>UM3278</b>	Astrágalo	<b>79.895</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM965</b>	Astrágalo	<b>33.917</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM967</b>	Astrágalo	<b>34.633</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM964</b>	Astrágalo	<b>42.936</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM963</b>	Astrágalo	<b>44.202</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM1388</b>	Astrágalo	<b>44.269</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM966</b>	Astrágalo	<b>44.790</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM1390</b>	Astrágalo	<b>44.927</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM1391</b>	Astrágalo	<b>46.824</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM1296</b>	Astrágalo	<b>48.456</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM1079</b>	Astrágalo	<b>54.245</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM3281</b>	Astrágalo	<b>54.343</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM1387</b>	Astrágalo	<b>61.820</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM989</b>	Astrágalo	<b>62.622</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM1128</b>	Astrágalo	<b>71.627</b>
<i>Odocoileus virginianus</i>	<b>UM991</b>	Astrágalo	<b>76.911</b>
<i>Odocoileus hemionus</i>	<b>UM1389</b>	Astrágalo	<b>113.130</b>
<i>Odocoileus hemionus</i>	<b>UM990</b>	Astrágalo	<b>120.554</b>
<i>Odocoileus hemionus</i>	<b>UM3279</b>	Astrágalo	<b>130.105</b>
<i>Odocoileus hemionus</i>	<b>UM993</b>	Astrágalo	<b>146.422</b>
<i>Odocoileus hemionus</i>	<b>UM994</b>	Astrágalo	<b>188.186</b>
<i>Odocoileus hemionus</i>	<b>UM995</b>	Astrágalo	<b>192.332</b>
<i>Hemiauchenia gracilis</i> *	<b>UF 210722*</b>	Astrágalo*	<b>77.460</b>
<i>Hemiauchenia gracilis</i> *	<b>UF2 10706*</b>	Astrágalo*	<b>80.256</b>
<i>Hemiauchenia gracilis</i> *	<b>Sin No. Colección (Meachen, 2005) *</b>	Astrágalo*	<b>82.987</b>
<i>Hemiauchenia gracilis</i> *	<b>UF 10281*</b>	Astrágalo*	<b>91.687</b>
<i>Hemiauchenia gracilis</i> *	<b>IGM 8818*</b>	Astrágalo*	<b>102.167</b>
<i>Hemiauchenia macrocephala</i>	<b>UM675</b>	Astrágalo	<b>238.699</b>
<i>Hemiauchenia macrocephala</i>	<b>UM2078</b>	Astrágalo	<b>246.009</b>
<i>Hemiauchenia macrocephala</i>	<b>UM2083</b>	Astrágalo	<b>294.670</b>
<i>Hemiauchenia macrocephala</i>	<b>UM2079</b>	Astrágalo	<b>294.689</b>
<i>Hemiauchenia macrocephala</i>	<b>UM2080</b>	Astrágalo	<b>323.759</b>
<i>Hemiauchenia macrocephala</i>	<b>UM3280</b>	Astrágalo	<b>356.727</b>
<i>Camelops hesternus</i>	<b>UM2082</b>	Astrágalo	<b>357.920</b>
<i>Camelops hesternus</i>	<b>UM673</b>	Astrágalo	<b>407.033</b>

<i>Camelops hesternus</i>	UM2084	Astrágalo	466.356
<i>Camelops hesternus</i>	UM2787	Astrágalo	519.151
<i>Camelops hesternus</i>	UM674	Astrágalo	650.799
<i>Bison antiquus</i>	UM1135	Astrágalo	762.115
<i>Bison latifrons</i> *	sin no. colección (Miller, 1976) *	Astrágalo*	1351.514
<i>Bison latifrons</i> *	IMNH 47001/2482	Astrágalo*	1622.761
<i>Bison latifrons</i> *	IMNH 48001/26594 P*	Astrágalo*	1625.540
<i>Bison latifrons</i> *	IMNH 57002/27*	Astrágalo*	1630.860

Tabla 10. Masas corporales inferidas en gramos a partir del área del m1 del orden Rodentia de LC-PT, con asterisco (\*) inferencias de masa corporal obtenidas a partir de medidas en la literatura. Por separado y en kg se reporta la masa corporal inferida para *Nechoerus aesopi*.

Taxón	No. Colección	Pieza	Masa corporal inferida (g)	Promedio (g)
<i>Microtus mexicanus</i> (Saussure, 1861)	UM1137	m1	35.74	-
<i>Microtus mexicanus</i> (Saussure, 1861)	UM1138	m1	59.32	48
<i>Neotoma mexicana</i> Baird, 1855	UM1141	m1	178.38	-
<i>Neotoma mexicana</i> Baird, 1855	UM1156	m1	214.92	197
<i>Neotoma tlapacoyana</i> * Álvarez y Hernández-Chávez, 1994)	(Álvarez y Hernández-Chávez, 1994) *	m1	270.12	-
				-
Taxón	No. Colección	Pieza	Masa corporal inferida (kg)	
<i>Nechoerus aesopi</i> Leidy, 1853	UM1222	m1	142	

**Tabla 11. Estimaciones de *Sigmodon hispidus* de LC-PT usando la ecuación de regresión de Legendre (1986) para mamíferos menores a 500 g.**

<b>Taxón</b>	<b>No. Colección</b>	<b>Pieza</b>	<b>Ecuación mamíferos pequeños menores a 500 g (Legendre, 1986).</b>
<i>Sigmodon hispidus</i>	<b>UM1198</b>	m1	<b>30.22</b>
<i>Sigmodon hispidus</i>	<b>UM1151</b>	m1	<b>49.24</b>
<i>Sigmodon hispidus</i>	<b>UM1185</b>	m1	<b>51.93</b>
<i>Sigmodon hispidus</i>	<b>UM1320</b>	m1	<b>54.30</b>
		<b>Promedio</b>	<b>46</b>

**Tabla 12. Masas corporales inferidas de *S. cunicularius* (UM1331) por las diferentes ecuaciones de Legendre (1986).**

<b>Taxón: <i>Sylvilagus cunicularius</i></b>	<b>Ecuación</b>	<b>Masa corporal inferida (g)</b>
<b>Pieza: m1 (UM1331)</b>	Herbívoros	<b>308.57</b>
	mamíferos grandes (>500 g)	<b>355.96</b>

## Anexo 2

### Modelo Bioclimático Cualitativo

Tabla 1. Espectros Bioclimáticos de toda la fauna excepto quirópteros de las localidades utilizadas para el análisis discriminante canónico. Cada columna representa un componente bioclimático (BC), cada fila representa el espectro bioclimático para cada localidad incluyendo LC-PT y la última columna representa la zona climática a la que pertenece cada localidad. Datos obtenidos de Hernández-Fernández, (2001).

Localidades	I	II	II/III	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Zona Climática
1. Barrow	0	1.209	1.209	1.89	3.794	2.162	10.54	7.366	31.969	39.86	IX
2. Port Harrison	0	0.794	0.794	1.814	4.671	3.243	15.385	13.005	22.528	37.766	IX
3. Malye-Karmaerly	0	1.587	1.587	3.628	3.628	3.628	3.628	3.628	25.057	53.628	IX
4. Mys Chelyuskin	0	1.235	1.235	1.235	1.235	1.235	4.938	1.235	32.716	54.938	IX
5. Mys Schmidta	0	0.694	0.694	0.694	1.944	0.694	7.674	3.507	42.049	42.049	IX
6. Fairbanks	0	0.705	2.584	2.055	4.416	3.463	22.101	9.601	45.712	9.363	VIII
7. Fort Smith	0.619	1.239	4.05	3.585	5.31	4.619	23.016	12.853	38.521	6.189	VIII
8. Kajaani	0.794	1.141	0.694	1.141	6.848	2.994	24.816	8.41	43.566	9.596	VIII
9. Serov	0.564	0.811	0.494	0.811	7.092	2.684	25.24	10.24	45.24	6.824	VIII
10. Erbogachen	0.876	1.259	0.766	0.766	4.822	2.121	12.293	7.121	55.397	14.579	VIII
11. Rapid City	0.933	2.872	7.537	8.048	9.358	6.364	19.221	33.727	10.019	1.921	VII
12. Santa Cruz	0.694	2.986	14.132	6.944	9.444	11.007	17.049	37.049	0.694	0	VII

<b>13. Fort Schevchenko</b>	1.875	2.479	1.686	5.654	13.891	2.026	7.462	61.43	2.417	1.081	<b>VII</b>
<b>14. Urumchi</b>	0.958	1.341	1.341	3.065	9.904	2.031	9.042	64.789	5.594	1.935	<b>VII</b>
<b>15. Paotou</b>	0.253	0.83	0.83	2.67	6.798	1.609	7.177	75.738	3.065	1.032	<b>VII</b>
<b>16. Prince Rupert</b>	0.358	0.717	3.973	2.898	5.801	3.92	29.027	13.973	33.866	5.466	<b>VI</b>
<b>17. Cleveland</b>	1.758	4.233	4.704	4.19	5.771	10.671	33.423	14.09	18.587	2.575	<b>VI</b>
<b>18. Evangelistas</b>	0.505	3.99	11.869	8.005	9.899	11.944	33.838	19.444	0.505	0	<b>VI</b>
<b>19. Vlissingen</b>	1.203	1.972	1.539	1.972	17.102	3.769	41.092	9.093	18.509	3.749	<b>VI</b>
<b>20. Tsingtao</b>	5.949	7.596	3.98	1.881	7.384	14.421	36.952	15.497	5.4	0.941	<b>VI</b>
<b>21. New Orleans</b>	4.889	8.594	7.053	5.169	4.945	36.689	17.718	10.12	4.402	0.42	<b>V</b>
<b>22. Puerto Montt</b>	0.617	4.228	6.728	3.858	17.191	47.932	13.025	5.802	0.617	0	<b>V</b>
<b>23. Corrientes</b>	15.043	36.795	17.137	0.513	1.154	26.111	1.368	1.88	0	0	<b>V</b>
<b>24. Foochow</b>	14.582	22.167	5.546	1.458	2.712	38.097	11.334	1.842	2.048	0.214	<b>V</b>
<b>25. Kagoshima</b>	5.212	4.471	2.328	1.693	3.669	36.614	35.614	3.193	5.693	1.513	<b>V</b>
<b>26. Fresno</b>	1.246	4.329	9.568	10.447	33.139	4.677	13.756	13.695	7.922	1.221	<b>IV</b>
<b>27. Santiago de Chile</b>	0.483	3.164	12.15	9.686	42.585	13.092	11.28	7.077	0.483	0	<b>IV</b>
<b>28. Sanlucar de Barrameda</b>	2.91	5.423	3.836	3.836	43.899	4.622	21.122	7.034	5.804	1.513	<b>IV</b>
<b>29. Aleppo</b>	2.101	4.73	4.39	8.358	43.125	4.594	15.229	12.445	3.947	1.081	<b>IV</b>
<b>30. Esfahan</b>	0.726	2.594	4.261	12.764	46.526	3.002	9.907	15.07	3.853	1.297	<b>IV</b>
<b>31. Phoenix</b>	2.786	7.812	20.38	29.759	8.956	4.138	7.06	14.693	4.199	0.218	<b>III</b>
<b>32. Arica</b>	2.222	2.222	23.889	30.556	20.556	8.889	2.222	7.222	2.222	0	<b>III</b>
<b>33. Asswan</b>	3.187	8.159	12.159	42.063	19.063	6.13	3.73	2.921	2.016	0.571	<b>III</b>
<b>34. Mascate</b>	2.48	7.237	9.32	36.255	23.755	6.567	4.067	6.448	2.282	1.587	<b>III</b>
<b>35. Lüderitz Bay</b>	2.867	10.422	21.88	41.255	15.561	7.123	0.595	0.298	0	0	<b>III</b>

<b>36. Las Piedras</b>	28.489	31.405	27.239	1.058	0.463	7.1	1.892	1.892	0.463	0	II/III
<b>37. Catamarca</b>	4.43	17.379	52.208	3.875	2.507	10.242	2.251	6.823	0.285	0	II/III
<b>38. Zinder</b>	4.635	26.137	41.248	11.492	7.092	8.825	0.381	0.19	0	0	II/III
<b>39. Voi</b>	6.957	36.386	30.271	10.136	6.588	9.316	0.23	0.115	0	0	II/III
<b>40. Jaipur</b>	10.642	27.764	35.554	12.091	5.699	4.539	2.112	1.599	0	0	II/III
<b>41. Roque Saenz Peña</b>	13.824	37.647	25.392	1.176	0.588	18.431	1.176	1.765	0	0	II
<b>42. Ziguinchor</b>	16.539	40.459	21.312	6.61	5.796	8.773	0.34	0.17	0	0	II
<b>43. Moundou</b>	10.533	39.607	24.503	6.878	6.753	11.19	0.357	0.179	0	0	II
<b>44. Mtwara</b>	10.226	47.386	18.302	6.169	5.686	11.802	0.286	0.143	0	0	II
<b>45. Patna</b>	10.465	41.179	29.274	7.149	4.512	4.632	1.973	0.816	0	0	II
<b>46. Tumaco</b>	59.362	23.648	10.722	0.518	0.227	4.26	0.518	0.518	0.227	0	I
<b>47. Paramaribo</b>	57.972	25.619	10.177	0.373	0.163	4.785	0.373	0.373	0.163	0	I
<b>48. Kribi</b>	77.617	13.683	3.232	1.196	1.36	2.795	0.117	0	0	0	I
<b>49. Yangambi</b>	69.979	17.698	4.467	1.602	1.953	4.175	0.125	0	0	0	I
<b>50. Medan</b>	72.307	18.543	3.246	0.154	0.64	3.31	1.339	0.307	0.154	0	I
<b>51.LC-PT</b>	2.58	33.32	24.21	11.35	1.71	4.79	10.63	8.65	2.75	0	II

**Tabla 2. Espectros Bioclimáticos de la fauna de roedores de las localidades utilizadas para el análisis discriminante canónico. Cada columna representa un componente bioclimático (BC), cada fila representa el espectro bioclimático para cada localidad incluyendo LC-PT y la última columna representa la zona climática a la que pertenece cada localidad. Datos obtenidos de Hernández-Fernández, (2001).**

<b>Localidades</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II/III</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>Zona Climática</b>
<b>1. Barrow</b>	0	0	0	0	0	0	6.667	0	46.667	46.667	<b>IX</b>
<b>2. Port Harrison</b>	0	0	0	0	0	0	22.222	22.222	22.222	33.333	<b>IX</b>
<b>3. Malye-Karmaerly</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	25	75	<b>IX</b>
<b>4. Mys Chelyuskin</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	25	75	<b>IX</b>
<b>5. Mys Schmidta</b>	0	0	0	0	0	0	6.667	0	46.667	46.667	<b>IX</b>
<b>6. Fairbanks</b>	0	0	1.333	1.333	1.333	3	24.333	8.778	51	8.889	<b>VIII</b>
<b>7. Fort Smith</b>	0	0	2.619	2.619	2.619	3.214	23.69	16.548	48.69	0	<b>VIII</b>
<b>8. Kajaani</b>	1.01	1.01	1.01	1.01	8.586	3.283	29.798	3.283	47.98	3.03	<b>VIII</b>
<b>9. Serov</b>	0.654	0.654	0.654	0.654	5.556	2.124	27.124	7.026	53.595	1.961	<b>VIII</b>
<b>10. Erbogachen</b>	1.389	1.389	1.389	1.389	8.681	1.389	19.097	4.514	56.597	4.167	<b>VIII</b>
<b>11. Rapid City</b>	0	0.909	6.136	5.227	3.712	4.47	22.955	44.924	11.667	0	<b>VII</b>
<b>12. Santa Cruz</b>	0	0	13.542	7.292	7.292	4.167	16.667	51.042	0	0	<b>VII</b>
<b>13. Fort Schevchenko</b>	0.505	0.505	0.505	2.02	10.354	0.505	4.293	80.808	0.505	0	<b>VII</b>
<b>14. Urumchi</b>	1.01	1.01	1.01	1.01	5.556	1.01	1.01	87.374	1.01	0	<b>VII</b>
<b>15. Paotou</b>	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	0.529	95.767	0.529	0	<b>VII</b>

<b>16. Prince Rupert</b>	0	0	2.821	2.821	4.744	3.462	30	18.462	37.692	0	<b>VI</b>
<b>17. Cleveland</b>	0	3.137	3.333	2.157	2.157	13.627	42.255	13.824	19.51	0	<b>VI</b>
<b>18. Evangelistas</b>	0	1.818	11.667	5.303	8.333	7.879	44.242	20.758	0	0	<b>VI</b>
<b>19. Vlissingen</b>	2.116	2.116	2.116	2.116	13.228	4.2	45.172	3.009	23.148	2.778	<b>VI</b>
<b>20. Tsingtao</b>	1.389	5.556	1.389	1.389	4.514	8.681	46.181	26.389	4.514	0	<b>VI</b>
<b>21. New Orleans</b>	1.538	6.667	4.103	4.103	1.538	52.436	20.128	6.026	3.462	0	<b>V</b>
<b>22. Puerto Montt</b>	0	2.5	5.625	4.167	15.625	55.625	13.958	2.5	0	0	<b>V</b>
<b>23. Corrientes</b>	7.738	42.5	15.119	0	0	31.786	1.429	1.429	0	0	<b>V</b>
<b>24. Foochow</b>	11.788	28.455	2.965	2.965	2.965	37.278	10.808	0.654	2.124	0	<b>V</b>
<b>25. Kagoshima</b>	4.894	2.116	2.116	2.116	4.2	40.311	36.144	0.926	7.176	0	<b>V</b>
<b>26. Fresno</b>	0	4.444	8.222	8.222	47.333	1.333	14	11.778	4.667	0	<b>IV</b>
<b>27. Santiago de Chile</b>	0	0	6.944	7.639	61.111	10.417	11.806	2.083	0	0	<b>IV</b>
<b>28. Sanlucar de Barrameda</b>	2.822	2.822	2.822	2.822	48.192	5.6	25.97	1.235	7.716	0	<b>IV</b>
<b>29. Aleppo</b>	1.27	2.27	2.27	7.27	55.603	2.52	17.103	8.639	3.056	0	<b>IV</b>
<b>30. Esfahan</b>	0.585	1.637	4.708	16.111	50.76	0.585	8.918	14.795	1.901	0	<b>IV</b>
<b>31. Phoenix</b>	0	4.808	21.859	41.731	4.231	1.731	6.603	15.897	3.141	0	<b>III</b>
<b>32. Arica</b>	0	0	25	36.111	19.444	11.111	0	8.333	0	0	<b>III</b>
<b>33. Asswan</b>	3.243	6.814	13.957	37.766	25.266	3.6	3.6	3.175	2.579	0	<b>III</b>
<b>34. Mascate</b>	5.079	5.079	11.746	31.746	31.746	5.079	5.079	2.222	2.222	0	<b>III</b>
<b>35. Lüderitz Bay</b>	1.754	8.246	17.018	56.491	12.632	3.86	0	0	0	0	<b>III</b>
<b>36. Las Piedras</b>	26.667	26.667	46.667	0	0	0	0	0	0	0	<b>II/III</b>
<b>37. Catamarca</b>	1.471	16.373	62.451	4.902	0	7.549	1.176	6.078	0	0	<b>II/III</b>
<b>38. Zinder</b>	3.684	29.123	54.561	6.316	5.439	0.877	0	0	0	0	<b>II/III</b>

<b>39. Voi</b>	10.889	44.074	24.074	8.63	5.556	6.778	0	0	0	0	<b>II/III</b>
<b>40. Jaipur</b>	4.841	25.619	36.175	20.619	7.841	0.952	0.952	3	0	0	<b>II/III</b>
<b>41. Roque Saenz Peña</b>	2.5	49.5	24.5	0	0	19.5	2	2	0	0	<b>II</b>
<b>42. Ziguinchor</b>	21.923	48.846	22.564	2.051	2.051	2.564	0	0	0	0	<b>II</b>
<b>43. Moundou</b>	18.986	43.261	23.696	2.319	4.855	6.884	0	0	0	0	<b>II</b>
<b>44. Mtwara</b>	16.222	52.833	12.833	3.556	5.056	9.5	0	0	0	0	<b>II</b>
<b>45. Patna</b>	6.052	40.357	32.024	12.579	4.94	1.19	1.19	1.667	0	0	<b>II</b>
<b>46. Tumaco</b>	74.306	15.972	7.639	0	0	2.083	0	0	0	0	<b>I</b>
<b>47. Paramaribo</b>	68.86	21.491	8.333	0	0	1.316	0	0	0	0	<b>I</b>
<b>48. Kribi</b>	80.833	13.526	1.667	1.026	1.026	1.923	0	0	0	0	<b>I</b>
<b>49. Yangambi</b>	68.295	19.922	3.643	1.628	2.093	4.419	0	0	0	0	<b>I</b>
<b>50. Medan</b>	84.62	11.647	0.386	0.386	0.386	2.188	0.386	0	0	0	<b>I</b>
<b>51.LC-PT</b>	1.02	48.035	19.463	17.678	0	4.592	4.592	4.592	0	0	<b>II</b>

**Tabla 3. Espectros Bioclimáticos de los mamíferos grandes (>1 Kg) de las localidades utilizadas para el análisis discriminante canónico. Cada columna representa un componente bioclimático (BC), cada fila representa el espectro bioclimático para cada localidad incluyendo LC-PT y la última columna representa la zona climática a la que pertenece cada localidad. Datos obtenidos de Hernández-Fernández, (2001).**

Localidad	I	II	II/III	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Zona Climática
<b>1. Barrow</b>	0	1.954	1.954	3.053	6.129	3.492	12.54	9.976	27.924	32.979	<b>IX</b>
<b>2. Port Harrison</b>	0	1.111	1.111	2.54	6.54	4.54	14.873	11.54	24.873	32.873	<b>IX</b>
<b>3. Malye-Karmaerly</b>	0	2.222	2.222	5.079	5.079	5.079	5.079	5.079	25.079	45.079	<b>IX</b>
<b>4. Mys Chelyuskin</b>	0	2.222	2.222	2.222	2.222	2.222	8.889	2.222	28.889	48.889	<b>IX</b>
<b>5. Mys Schmidta</b>	0	1.587	1.587	1.587	4.444	1.587	12.778	8.016	34.206	34.206	<b>IX</b>
<b>6. Fairbanks</b>	0	1.693	2.646	3.598	9.265	5.312	18.153	12.598	34.82	11.915	<b>VIII</b>
<b>7. Fort Smith</b>	1.209	2.419	4.573	5.253	8.621	6.875	19.221	12.872	28.065	10.892	<b>VIII</b>
<b>8. Kajaani</b>	1.099	1.954	0.855	1.954	8.053	4.591	20.232	13.822	35.617	11.825	<b>VIII</b>
<b>9. Serov</b>	0.84	1.494	0.654	1.494	9.099	4.981	24.785	16.942	33.609	6.102	<b>VIII</b>
<b>10. Erbogachen</b>	1.19	2.116	0.926	0.926	5.866	4.2	16.978	14.2	41.978	11.62	<b>VIII</b>
<b>11. Rapid City</b>	2.016	3.603	8.079	10.784	14.95	8.013	15.517	21.517	11.375	4.149	<b>VII</b>
<b>12. Santa Cruz</b>	1.389	5.972	14.722	6.597	11.6	17.847	17.431	23.056	1.389	0	<b>VII</b>
<b>13. Fort Schevchenko</b>	2.286	3.979	3.979	8.423	17.04	4.931	11.265	39.042	6.026	3.026	<b>VII</b>
<b>14. Urumchi</b>	1.111	1.852	1.852	2.963	12.85	3.185	13.407	52.296	6.741	3.741	<b>VII</b>
<b>15. Paotou</b>	0	1.411	1.411	4.056	12.3	3.316	12.297	55.816	6.874	2.522	<b>VII</b>
<b>16. Prince Rupert</b>	0.794	1.587	3.798	3.798	8.441	5.465	25.108	12.012	28.679	10.317	<b>VI</b>
<b>17. Cleveland</b>	2.859	4.013	7.206	7.855	11.45	9.024	19.295	14.37	19.214	4.715	<b>VI</b>

<b>18. Evangelistas</b>	1.01	6.162	12.071	10.707	11.47	16.01	23.434	18.131	1.01	0	<b>VI</b>
<b>19. Vlissingen</b>	1.02	2.834	1.814	2.834	20.4	5.283	29.331	15.045	16.406	5.028	<b>VI</b>
<b>20. Tsingtao</b>	9.968	10.709	6.423	2.646	8.661	21.328	22.995	8.265	7.312	1.693	<b>VI</b>
<b>21. New Orleans</b>	8.082	9.034	11.098	8.161	9.876	17.495	15.828	12.495	6.979	0.952	<b>V</b>
<b>22. Puerto Montt</b>	1.389	7.014	9.514	4.514	23.06	27.222	15.347	10.556	1.389	0	<b>V</b>
<b>23. Corrientes</b>	19.298	33.947	18.158	0	2.368	21.667	1.754	2.807	0	0	<b>V</b>
<b>24. Foochow</b>	15.817	16.188	6.823	0.847	3.021	38.243	13.521	2.823	2.347	0.37	<b>V</b>
<b>25. Kagoshima</b>	5.844	6.854	1.01	2.309	5.426	28.608	30.426	7.698	7.698	4.127	<b>V</b>
<b>26. Fresno</b>	2.558	5.378	10.516	12.32	17.5	8.548	14.551	16.18	9.946	2.506	<b>IV</b>
<b>27. Santiago de Chile</b>	1.111	7.278	16.278	9.778	21.28	17.611	11.778	13.778	1.111	0	<b>IV</b>
<b>28. Sanlucar de Barrameda</b>	2.041	7.426	6.406	6.406	28.57	6.304	17.851	14.28	7.477	3.243	<b>IV</b>
<b>29. Aleppo</b>	3.697	7.838	6.998	8.959	31.13	7.208	10.64	14.701	6.158	2.67	<b>IV</b>
<b>30. Esfahan</b>	1.099	4.591	4.591	8.254	40.82	7.228	9.792	12.54	7.595	3.492	<b>IV</b>
<b>31. Phoenix</b>	6.457	12.428	16.865	15.123	13.49	7.547	8.564	13.001	6.021	0.505	<b>III</b>
<b>32. Arica</b>	11.111	11.111	11.111	11.111	11.11	11.111	11.111	11.111	11.111	0	<b>III</b>
<b>33. Asswan</b>	3.81	9.841	9.841	44.762	11.43	9.206	4.762	3.175	1.587	1.587	<b>III</b>
<b>34. Mascate</b>	1.786	8.8	8.8	33.502	21	7.46	4.96	7.341	3.175	3.175	<b>III</b>
<b>35. Lüderitz Bay</b>	2.585	12.075	27.948	26.995	17.47	10.884	1.361	0.68	0	0	<b>III</b>
<b>36. Las Piedras</b>	30.233	33.358	20.858	1.587	0.694	9.4	1.587	1.587	0.694	0	<b>II/III</b>
<b>37. Catamarca</b>	6.725	18.216	43.216	2.515	5.146	11.462	3.567	8.567	0.585	0	<b>II/III</b>
<b>38. Zinder</b>	4.984	25.271	30.952	15.081	9.286	13.452	0.649	0.325	0	0	<b>II/III</b>
<b>39. Voi</b>	4.004	31.317	31.19	12.478	8.286	12.074	0.433	0.216	0	0	<b>II/III</b>
<b>40. Jaipur</b>	14.753	31.777	29.853	6.291	5.559	7.482	3.187	1.099	0	0	<b>II/III</b>
<b>41. Roque Saenz Peña</b>	19.048	33.651	25.714	0.952	0.952	16.825	0.952	1.905	0	0	<b>II</b>
<b>42. Ziguinchor</b>	15.275	35.325	19.46	8.53	8.338	12.248	0.549	0.275	0	0	<b>II</b>

<b>43. Moundou</b>	7.242	35.387	23.755	9.137	8.929	14.658	0.595	0.298	0	0	<b>II</b>
<b>44. Mtwara</b>	6.511	44.171	18.165	8.366	7.188	14.86	0.493	0.246	0	0	<b>II</b>
<b>45. Patna</b>	11.913	42.092	27.806	4.141	4.651	6.437	2.449	0.51	0	0	<b>II</b>
<b>46. Tumaco</b>	51.249	27.175	12.36	0.941	0.412	5.57	0.941	0.941	0.412	0	<b>I</b>
<b>47. Paramaribo</b>	53.519	24.572	12.291	0.668	0.292	7.028	0.668	0.668	0.292	0	<b>I</b>
<b>48. Kribi</b>	75.313	12.568	3.581	1.326	2.208	4.725	0.28	0	0	0	<b>I</b>
<b>49. Yangambi</b>	70.319	14.719	4.552	1.752	2.652	5.719	0.286	0	0	0	<b>I</b>
<b>50. Medan</b>	64.62	22.312	4.89	0	0.87	4.364	2.12	0.549	0.275	0	<b>I</b>
<b>51.LC-PT</b>	3.13	28.17	28.17	9.07	2.32	4.35	12.92	1.22	3.73	0	<b>II</b>

## Diversidad Ecológica

**Tabla 4. Porcentajes de la categoría taxonómica del análisis de diversidad Ecológica. Las localidades pertenecen al viejo mundo. Las variables se explican en la tabla 3 en el capítulo 2.**

Localidad	Categoría Taxonómica					
	R	I	P	A	C	O
1. Moundou	28.8	10.0	5.0	20.0	27.5	8.8
2. Mtwara	30.0	8.0	6.0	21.0	24.0	11.0
3. Patna	28.6	2.4	4.8	21.4	33.3	9.5
4. Zinder	25.3	13.3	5.3	18.7	29.3	8.0
5. Gaberone	30.8	6.4	2.6	19.2	26.9	14.1
6. Jaipur	32.6	8.7	4.3	17.4	30.4	6.5
7. Lüderitz Bay	20.0	3.3	3.3	13.3	46.7	13.3
8. Assuan	56.0	4.0	0.0	4.0	28.0	8.0
9. Mascate	31.3	12.5	0.0	18.8	31.3	6.3
10. Sanlucar de Barrameda	30.0	16.7	0.0	6.7	36.7	10.0
11. Tunis	31.4	8.6	2.9	8.6	40.0	8.6
12. Aleppo	48.8	9.3	0.0	9.3	27.9	4.7
13. East London	26.5	14.7	4.4	16.2	27.9	10.3
14. Nanchang	26.5	2.9	5.9	17.6	41.2	5.9
15. Kagoshima	40.0	20.0	3.3	6.7	26.7	3.3
16. Vlissingen	36.4	18.2	0.0	6.1	36.4	3.0
17. Brest	44.7	14.9	0.0	8.5	27.7	4.3
18. Dairen	30.0	10.0	0.0	16.7	40.0	3.3
19. Fort Schevchenko	52.4	9.5	0.0	7.1	26.2	4.8
20. Urumchi	37.9	6.9	0.0	17.2	34.5	3.4
21. Paotou	47.6	4.8	0.0	16.7	23.8	7.1
22. Ho Chi Minh	27.3	4.5	12.1	15.2	30.3	10.6
23. Voi	36.3	7.3	4.0	19.4	22.6	10.5
24. Smara	53.8	0.0	0.0	7.7	30.8	7.7
25. Esfahan	54.3	2.9	0.0	8.6	25.7	8.6
26. Foochow	32.7	7.7	3.8	13.5	36.5	5.8
27. Tsingtao	29.6	11.1	0.0	7.4	48.1	3.7
28. Genichesk	47.6	16.7	0.0	4.8	28.6	2.4
29. LC-PT	26.5	1.8	0	20.7	22.6	28.4

**Tabla 5. Porcentajes de la categoría trófica del análisis de diversidad ecológica. Las localidades pertenecen al viejo mundo. Las variables se explican en la tabla 3 en el capítulo 2. Datos obtenidos de Hernández-Fernández, (2006).**

Localidad	Categoría Trófica					
	I	F	HB	HH	C	O
1. Moundou	16.3	11.3	7.5	22.5	25	17.5
2. Mtwara	20	15	9	23	20	13
3. Patna	4.8	11.9	11.9	16.7	31	23.8
4. Zinder	18.7	6.7	5.3	21.3	26.7	21.3
5. Gaberone	16.7	11.5	10.3	24.4	21.8	15.4
6. Jaipur	10.9	10.9	6.5	15.2	30.4	26.1
7. Lüderitz Bay	13.3	10	10	20	40	6.7
8. Assuan	4	8	8	8	28	44
9. Mascate	12.5	0	0	25	31.3	31.3
10. Sanlucar de Barrameda	16.7	3.3	3.3	13.3	33.3	30
11. Tunis	11.4	8.6	2.9	11.4	40	25.7
12. Aleppo	9.3	7	7	16.3	25.6	34.9
13. East London	20.6	10.3	10.3	19.1	23.5	16.2
14. Nanchang	5.9	8.8	11.8	8.8	29.4	35.3
15. Kagoshima	20	13.3	6.7	10	23.3	26.7
16. Vlissingen	18.2	3	9.1	18.2	30.3	21.2
17. Brest	14.9	6.4	8.5	17	23.4	29.8
18. Dairen	10	3.3	10	10	33.3	33.3
19. Fort Schevchenko	11.9	11.9	4.8	11.9	21.4	38.1
20. Urumchi	10.3	3.4	13.8	20.7	27.6	24.1
21. Paotou	7.1	11.9	9.5	19	19	33.3
22. Ho Chi Minh	9.1	22.7	7.6	9.1	25.8	25.8
23. Voi	18.5	9.7	12.1	23.4	17.7	18.5
24. Smara	7.7	15.4	0	15.4	30.8	30.8
25. Esfahan	2.9	11.4	5.7	25.7	20	34.3
26. Foochow	9.6	9.6	11.5	7.7	28.8	32.7
27. Tsingtao	11.1	3.7	3.7	7.4	33.3	40.7
28. Genichesk	19	2.4	7.1	14.3	26.2	31
29. LC-PT	1.9	3.8	37.7	32.1	15.1	9.4

**Tabla 6. Porcentajes de la categoría Locomotora del análisis de diversidad ecológica. Las localidades pertenecen al viejo mundo. Las variables se explican en la tabla 3 en el capítulo 2.**

Localidad	Categoría Locomotora					
	A	S	Aq	F	LGM	SGM
1. Moundou	5.0	12.5	6.3	0.0	47.5	28.8
2. Mtwara	9.0	15.0	4.0	1.0	43.0	28.0
3. Patna	0.0	19.0	2.4	0.0	54.8	23.8
4. Zinder	1.3	9.3	2.7	0.0	49.3	37.3
5. Gaberone	0.0	14.1	2.6	1.3	52.6	29.5
6. Jaipur	0.0	19.6	2.2	0.0	43.5	34.8
7. Lüderitz Bay	0.0	10.0	3.3	3.3	50.0	33.3
8. Assuan	0.0	12.0	0.0	0.0	36.0	52.0
9. Mascate	0.0	6.3	0.0	0.0	56.3	37.5
10. Sanlucar de Barrameda	0.0	20.0	6.7	3.3	33.3	36.7
11. Tunis	0.0	11.4	0.0	0.0	51.4	37.1
12. Aleppo	0.0	16.3	2.3	2.3	30.2	48.8
13. East London	2.9	11.8	7.4	7.4	42.6	27.9
14. Nanchang	2.9	26.5	2.9	0.0	47.1	20.6
15. Kagoshima	10.0	13.3	6.7	10.0	23.3	36.7
16. Vlissingen	0.0	15.2	9.1	3.0	21.2	51.5
17. Brest	0.0	19.1	10.6	2.1	23.4	44.7
18. Dairen	0.0	10.0	3.3	3.3	40.0	43.3
19. Fort Schevchenko	0.0	2.4	0.0	2.4	31.0	64.3
20. Urumchi	0.0	0.0	0.0	0.0	44.8	55.2
21. Paotou	0.0	2.4	0.0	0.0	38.1	59.5
22. Ho Chi Minh	12.1	28.8	4.5	1.5	34.8	18.2
23. Voi	4.0	13.7	3.2	1.6	44.4	33.1
24. Smara	0.0	7.7	0.0	0.0	46.2	46.2
25. Esfahan	0.0	5.7	0.0	0.0	37.1	57.1
26. Foochow	5.8	21.2	3.8	3.8	38.5	26.9
27. Tsingtao	0.0	11.1	3.7	7.4	44.4	33.3
28. Genichesk	0.0	7.1	7.1	2.4	16.7	66.7
29. LC-PT	0	3.8	3.8	7.5	66	18.9

**Tabla 7. Porcentajes de la categoría masa corporal del análisis de diversidad ecológica. Las localidades pertenecen al viejo mundo. Las variables se explican en la tabla 3 en el capítulo 2.**

Localidad	Categoría Masa Corporal							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1. Moundou	25.0	12.5	21.3	17.5	8.8	3.8	2.5	8.8
2. Mtwara	24.0	18.0	25.0	13.0	7.0	4.0	4.0	5.0
3. Patna	16.7	14.3	23.8	16.7	7.1	11.9	2.4	7.1
4. Zinder	32.0	9.3	18.7	18.7	9.3	2.7	1.3	8.0
5. Gaberone	28.2	10.3	23.1	16.7	7.7	3.8	2.6	7.7
6. Jaipur	21.7	19.6	23.9	17.4	4.3	6.5	2.2	4.3
7. Lüderitz Bay	20.0	16.7	30.0	16.7	10.0	3.3	3.3	0.0
8. Assuan	40.0	16.0	24.0	8.0	12.0	0.0	0.0	0.0
9. Mascate	25.0	18.8	12.5	31.3	12.5	0.0	0.0	0.0
10. Sanlucar de Barrameda	30.0	23.3	26.7	10.0	0.0	6.7	3.3	0.0
11. Tunis	25.7	14.3	22.9	14.3	8.6	11.4	0.0	2.9
12. Aleppo	34.9	25.6	11.6	16.3	7.0	2.3	2.3	0.0
13. East London	29.4	11.8	27.9	17.6	4.4	2.9	0.0	5.9
14. Nanchang	14.7	20.6	26.5	20.6	11.8	5.9	0.0	0.0
15. Kagoshima	50.0	20.0	13.3	10.0	6.7	0.0	0.0	0.0
16. Vlissingen	42.4	24.2	15.2	12.1	0.0	3.0	3.0	0.0
17. Brest	42.6	23.4	10.6	12.8	0.0	4.3	4.3	2.1
18. Dairen	40.0	10.0	16.7	16.7	10.0	6.7	0.0	0.0
19. Fort Schevchenko	38.1	28.6	14.3	9.5	0.0	4.8	4.8	0.0
20. Urumchi	34.5	17.2	17.2	13.8	0.0	10.3	3.4	3.4
21. Paotou	40.5	19.0	14.3	16.7	0.0	4.8	4.8	0.0
22. Ho Chi Minh	16.7	19.7	37.9	9.1	4.5	3.0	1.5	7.6
23. Voi	29.8	13.7	23.4	13.7	8.1	3.2	2.4	5.6
24. Smara	46.2	0.0	30.8	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0
25. Esfahan	40.0	22.9	8.6	8.6	14.3	0.0	5.7	0.0
26. Foochow	19.2	23.1	25.0	21.2	5.8	3.8	0.0	1.9
27. Tsingtao	29.6	14.8	18.5	14.8	11.1	7.4	3.7	0.0
28. Genichesk	47.6	28.6	11.9	7.1	0.0	4.8	0.0	0.0
29. LC-PT	5.7	20.8	11.3	9.4	13.2	5.7	11.3	22.6